



**UASLP**  
Universidad Autónoma  
de San Luis Potosí

**AÑO 19**  
**NÚMERO 273**  
**ISSN-1870-1698**

# UNIVERSITARIOS POTOSINOS

Revista de  
Divulgación  
Científica



**CIENCIA  
ABIERTA**  
al mundo

**30** AÑOS CON  
UNIVERSITARIOS  
POTOSINOS



Diseño de portada:  
Sergio Grande

LATINDEX: 24292

Protagonista de  
la mercadotecnia  
**JOSÉ  
MIGUEL  
DEL RÍO**

**GOOGLE EARTH  
ENGINE**,  
una aplicación  
inteligente en el  
análisis geoespacial

**FÉRULAS EN  
IMPRESIÓN 3D**  
para pacientes  
pediátricos  
quemados



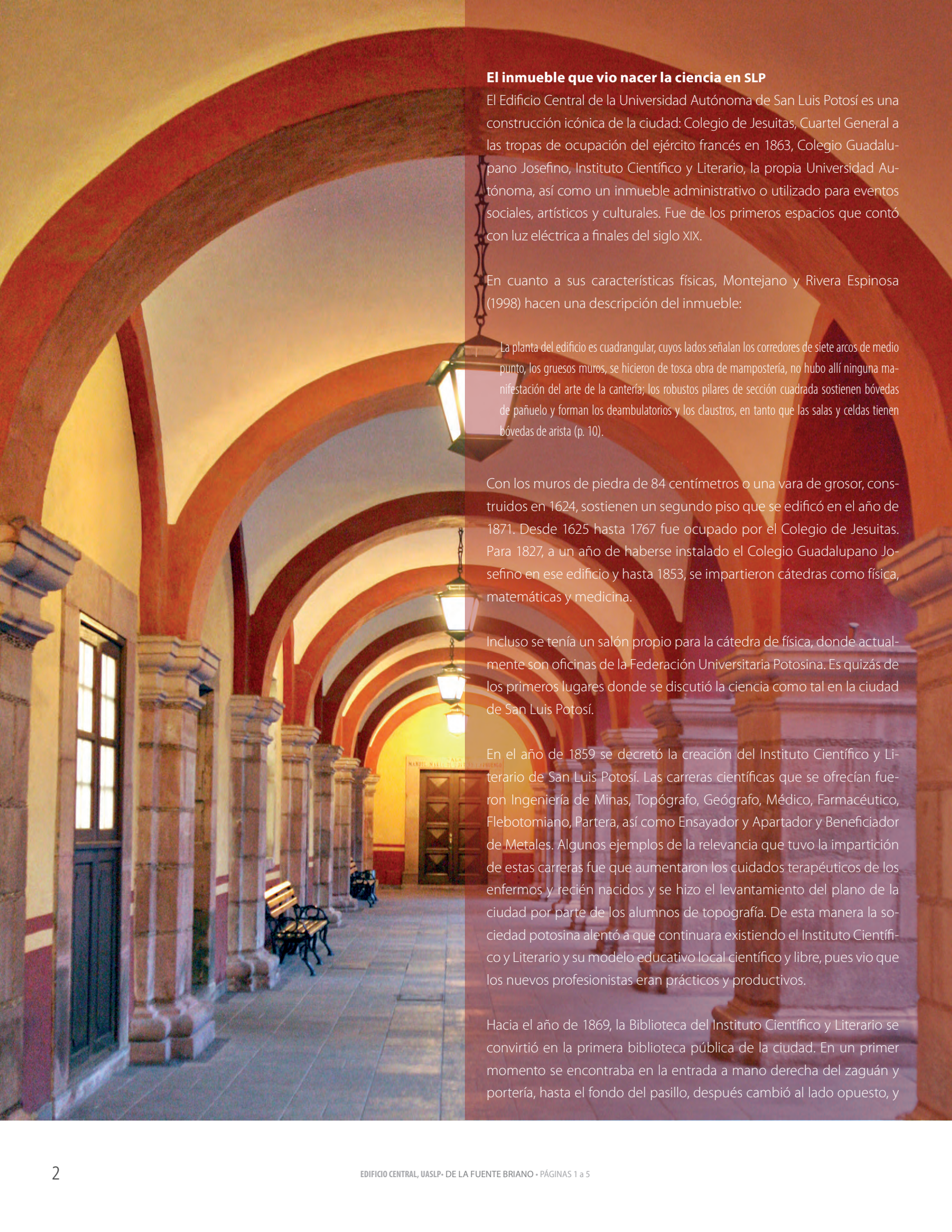
Recibido: 06.07.2023 • Aceptado: 11.07.2023

Palabras clave: Instituto Científico y Literario, historia, ciencia, UASLP.

# El Edificio Central de la UASLP en el desarrollo de la ciencia

Godofredo Arturo de la Fuente Briano  
[godofredo.defuente@uaslp.mx](mailto:godofredo.defuente@uaslp.mx)  
Centro de Documentación Histórica Lic. Rafael Montejano y Aguiñaga

El Edificio Central de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí cuenta con una extensa historia, no sólo desde la perspectiva arquitectónica, educativa, cultural, sino también en el desarrollo científico en nuestro estado. En este artículo, se presenta un recorrido por los espacios del Edificio Central que contribuyeron a la generación, ampliación y difusión de la ciencia.



### El inmueble que vio nacer la ciencia en SLP

El Edificio Central de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí es una construcción icónica de la ciudad: Colegio de Jesuitas, Cuartel General a las tropas de ocupación del ejército francés en 1863, Colegio Guadalupano Josefino, Instituto Científico y Literario, la propia Universidad Autónoma, así como un inmueble administrativo o utilizado para eventos sociales, artísticos y culturales. Fue de los primeros espacios que contó con luz eléctrica a finales del siglo XIX.

En cuanto a sus características físicas, Montejano y Rivera Espinosa (1998) hacen una descripción del inmueble:

La planta del edificio es cuadrangular, cuyos lados señalan los corredores de siete arcos de medio punto, los gruesos muros, se hicieron de tosca obra de mampostería, no hubo allí ninguna manifestación del arte de la cantería; los robustos pilares de sección cuadrada sostienen bóvedas de pañuelo y forman los deambulatorios y los claustros, en tanto que las salas y celdas tienen bóvedas de arista (p. 10).

Con los muros de piedra de 84 centímetros o una vara de grosor, contruidos en 1624, sostienen un segundo piso que se edificó en el año de 1871. Desde 1625 hasta 1767 fue ocupado por el Colegio de Jesuitas. Para 1827, a un año de haberse instalado el Colegio Guadalupano Josefino en ese edificio y hasta 1853, se impartieron cátedras como física, matemáticas y medicina.

Incluso se tenía un salón propio para la cátedra de física, donde actualmente son oficinas de la Federación Universitaria Potosina. Es quizás de los primeros lugares donde se discutió la ciencia como tal en la ciudad de San Luis Potosí.

En el año de 1859 se decretó la creación del Instituto Científico y Literario de San Luis Potosí. Las carreras científicas que se ofrecían fueron Ingeniería de Minas, Topógrafo, Geógrafo, Médico, Farmacéutico, Flebotomiano, Partera, así como Ensayador y Apartador y Beneficiador de Metales. Algunos ejemplos de la relevancia que tuvo la impartición de estas carreras fue que aumentaron los cuidados terapéuticos de los enfermos y recién nacidos y se hizo el levantamiento del plano de la ciudad por parte de los alumnos de topografía. De esta manera la sociedad potosina alentó a que continuara existiendo el Instituto Científico y Literario y su modelo educativo local científico y libre, pues vio que los nuevos profesionistas eran prácticos y productivos.

Hacia el año de 1869, la Biblioteca del Instituto Científico y Literario se convirtió en la primera biblioteca pública de la ciudad. En un primer momento se encontraba en la entrada a mano derecha del zaguán y portería, hasta el fondo del pasillo, después cambió al lado opuesto, y

para principios del siglo XX se utilizaba también un salón del segundo piso donde se consultaban revistas y periódicos. Este era el único lugar en la ciudad donde podían consultarse libros sobre ciencia, la mayoría en idioma francés.

Algunos de estos materiales (libros, revistas y periódicos) se encuentran hoy en día en el Centro de Documentación Histórica Lic. Rafael Montejano y Aguiñaga de la UASLP.

Para esos momentos el científico y profesor de este Instituto Francisco Javier Estrada Murguía llegó a realizar varios de sus experimentos en el Laboratorio de Física, el cual se encontraba donde actualmente es la Rectoría. Tener acceso a las instalaciones del Instituto entre 1868 y 1886, le permitió a Francisco Estrada comprobar los fenómenos físicos y las leyes que los rigen. Modificó antiguos aparatos eléctricos, barómetros y termómetros, especializándose en el estudio de los campos eléctricos, con ello pudo innovar y poner en práctica los experimentos de su imaginación, como el que llevó a cabo el 14 de enero de 1881 en el salón de Actos Públicos con la llamada a larga distancia a la Ciudad de México usando un micrófono transmisor. Al mismo tiempo que generaba interés por la ciencia a las nuevas generaciones de estudiantes.

Como ya se mencionó, para 1871-72 [...] se construye el segundo piso, se abren con arcadas con tipología del siglo XIX... se erige la torre oriente para lograr simetría en la fachada y la del poniente se renueva [...] (Salazar González y Villar Rubio 2019).

Para 1878 se instaló el Observatorio Meteorológico en la torre oeste como apoyo al similar ubicado en Tacubaya, en la Ciudad de México; al mismo tiempo, la torre este se utilizaba como Observatorio Astronómico.

En el Torreón de Poniente, estaba el Observatorio había brújulas y telescopio, sismógrafo y otros aparatos, tenían lentes especiales para ver los eclipses, mapas mundi y nacionales de grandes dimensiones. El Observatorio era atendido por estudiantes preparados que contrataba el Gobierno Federal y les pagaban bien (Santos Rowe, 1991, p. 92).

Afuera se encontraban los pluviómetros, anemómetros y cuatro pararrayos, uno en cada esquina del edificio que mandó instalar el doctor Gregorio Barroeta, quien fuera profesor de física y director del Museo Público de la ciudad. En la azotea se hacían observaciones astronómicas a principios del siglo XX.

### El museo público

Entre 1879 y 1911 se instaló el primer Museo Público de la Ciudad, estuvo donde actualmente es la Sala del H. Consejo Directivo Universitario Manuel María Gorriño y Arduengo que abrió sus puertas en el primer



Foto 1.  
Letrero de Biblioteca Pública en la fachada del edificio a principios del siglo XX



Foto 2.  
Libros y revistas de Física y Medicina del siglo XIX que se encuentran en el Centro de Documentación Histórica Lic. Rafael Montejano y Aguiñaga



Foto 3.  
Observatorio meteorológico con veleta en la torre oeste a principios del siglo XX

trimestre de 1879. La aparición de este lugar coincide con el discurso de que San Luis Potosí ya estaba en la época moderna, por lo cual era necesario tener este tipo de lugares. Hoy todavía puede observarse en las puertas de la fachada del edificio los rótulos de hierro forjado con las leyendas: Instituto Científico y Museo Público.

Se abría los días martes, jueves y sábados en un horario de 5:00 a 6:00 de la tarde. No era un acervo museográfico como tal, sino una colección de objetos, como animales disecados, piezas arqueológicas, minerales, ejemplares de flora, entre otros. El cierre momentáneo de este lugar en 1911 fue debido a la llegada de los revolucionarios a San Luis Potosí.

Para la década de 1930 todavía estaba presente este museo, pero ahora mostraba más objetos:

[...] era el único de San Luis, y los domingos se podía visitar por todo el público [...] animales disecados, aparatos de física, anaqueles con fetos, estantes y vitrinas con muestras de mineralogía, estuches con mariposas e insectos disecados, algunos esqueletos armados y cuerpos humanos de pasta, coloreados, mostrando las arterias, las venas, los órganos y aparatos, y se desmontaban para enseñar el interior del cuerpo humano (Santos Rowe, 1991: 89).

Varios de estos objetos sobrevivieron hasta la década de 1980, los cuales se pusieron en un salón denominado

Laboratorio de Zoología Carlos Darwin, donde lo visitaban ocasionalmente los grupos de escolares. Después, muchas piezas fueron donadas o llevadas a otras dependencias de la Universidad.

Este museo alentó a la sociedad potosina a interesarse en la ciencia a finales del siglo XIX y principios del XX.

### Laboratorios

Quizás los primeros laboratorios de física y de química del estado de San Luis Potosí estuvieron en la planta baja cercanos al museo, pues paralelamente a la existencia del museo se instaló para 1911 un gabinete de física.

Para mediados del siglo XX en la planta alta del Segundo Patio (hoy Patio de la Autonomía) se encontraba la mayoría de los laboratorios de la Facultad de Ciencias Químicas, muchos experimentos científicos fueron realizados en este lugar.

Se cita que algunos de los cohetes experimentales del proyecto Cabo Tuna fueron armados donde actualmente son las oficinas de la Secretaría General.

Posteriormente, desde 1970 hasta 1991 el Instituto de Investigaciones de Zonas Desérticas ocupó también los salones del segundo piso del Patio de la Autonomía, donde se instalaron laboratorios, como el de Fotoquímica, Química y el de Contaminación. Allí se realizaron



Foto 4.  
Gabinete de Historia Natural



Foto5.  
Cohetes del Proyecto Cabo Tuna armados en el Edificio Central

## GODOFREDO ARTURO DE LA FUENTE BRIANO

Es maestro en educación para la paz por la Universidad Albert Einstein. Actualmente es bibliotecólogo en apoyo al Departamento de Servicios al Público en el Centro de Documentación Histórica Lic. Rafael Montejano y Aguiñaga de la UASLP y trabaja en el proyecto "La obra activa y pasiva de Rafael Montejano y Aguiñaga".




diferentes investigaciones sobre la flora y fauna, el agua y el suelo de la región.

En el 2006, Carlos Sandoval y Oori Shalev colocaron sensores especiales a una jacaranda del patio del Edificio Central, más que un experimento científico fue un proyecto artístico tecnológico llamado Sotavento, con el que pudieron interpretar y transmitir vía internet la agitación a otros dos árboles, uno en la ciudad de Florencia, en el Giardino Sonoro y otro en el Technische Universität, en Berlín. Así, los árboles podían "conversar" entre ellos. Toda la información referente a este proyecto se encuentra en la revista *Universitarios Potosinos* en la edición de agosto del año 2006.

Entre los años 2021-2023 en la Torre Poniente se colocó un anemómetro y otros medidores por parte del Laboratorio Atmosférico y Cambio Climático (LABCACC) perteneciente al Laboratorio Nacional de Geo-procesamiento de Información (LaNGIF) de la Coordinación para la Innovación y Aplicación de la Ciencia y la Tecnología de la UASLP (CIACyT), como parte de una campaña para medir la contaminación del aire, así como parámetros meteorológicos y algunos contaminantes del aire para evaluar la zona y la movilidad motorizada y sugerir cambios.

### Conclusiones

No cabe duda que el Edificio Central de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí ha jugado un papel importante en el estudio, la investigación y la difusión de la ciencia en la ciudad de San Luis Potosí, pues sus espacios fungieron como biblioteca, observatorio meteorológico y astronómico, museo, laboratorio de física y de química. En virtud de la benevolencia de los espacios diseñados para el convento, este inmueble siempre pudo aprovecharse adecuadamente para que en él se diera la experimentación científica. Sin duda, seguirá siendo un lugar para difundir el conocimiento y divulgar la ciencia. 

### Referencias bibliográficas:

- Montejano y Aguiñaga, R. y Rivera Espinosa, J. J. (1998). *La Universidad Autónoma de San Luis Potosí a 75 años de su Autonomía*. San Luis Potosí: UASLP.
- Santos Rowe, M. (1991). *Recuerdo a San Luis*.
- Salazar González, G. y Villar Rubio, J. V. (2020). *Ciudad de San Luis Potosí. Arquitectura y Urbanismo*. San Luis Potosí, UASLP.
- Universidad Autónoma de San Luis Potosí* (1964). SLP: Editorial Universitaria Potosina.
- Higieya* (octubre, 1929) No. 1
- González Barrera, F. (2006) Sotavento, los árboles que cantan por internet, *Universitarios Potosinos* 2(4), pp. 34-37.
- Órbita Estudiantil (14 de noviembre, 1980). Un grupo de 240 niños visitó el Edificio Central, y vieron el laboratorio de Zoología Carlos Darwin. *Momento*, p. 4-A.

Recibido: 04.08.2023 • Aceptado: 08.08.2023

Palabras clave: Educación superior, mujeres potosinas, feminismo.

# Los desafíos de las mujeres potosinas en la educación superior (1907-1923)



María Gabriela Torres Montero

[gtorres7@uaslp.mx](mailto:gtorres7@uaslp.mx)

FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES, UASLP



En las primeras décadas del siglo XX las mujeres potosinas interesadas en cursar una carrera profesional se enfrentaron a desafíos culturales y económicos, como la idea de que una mujer con más conocimientos era un riesgo para mantener el orden natural. No obstante, algunas de ellas lograron titularse en las áreas de medicina y jurisprudencia.

La Universidad de Bolonia, considerada la más antigua en occidente, prohibió el ingreso de las mujeres a su institución hace más de seis siglos. Sin embargo, en esa universidad, una mujer, Laura Bassi (1711-1778), por primera vez impartió cátedra en 1732 y años después María Dalle Donne (1778-1842) sería directora de la Escuela de Obstetricia. En nuestros días, el trabajo y la matrícula de las mujeres en las universidades ha silenciado aquella prohibición e invalidado la discusión sobre si las mujeres deben o no tener acceso a la educación superior; tan solo en la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP) en el ciclo escolar 2022-2023, de un total de 33 362 estudiantes 17 707 fueron del género femenino. Cursar una carrera profesional que, para muchas puede ser una actividad con mínimos obstáculos, para las primeras mujeres que la realizaron significó un conjunto de desafíos culturales y económicos, por lo que conocer sus travesías permite valorar y continuar con la construcción de relaciones de equidad. En las siguientes líneas, se mostrarán algunos de los esfuerzos realizados por algunas mujeres potosinas que asumieron el reto de cursar una carrera profesional entre 1907 y 1923.

### **¿Las mujeres debían o no cursar una carrera profesional?**

De acuerdo con la historiadora Gabriela Cano, en México la discusión sobre la educación intelectual y profesional de las mujeres comenzó en el siglo XIX durante el gobierno de Sebastián Lerdo de Tejada

(1872-1876), pero se agudizó a partir de 1887, cuando en la Escuela Nacional de Medicina se tituló Matilde Montoya, la primera mujer en lograr el título de médico. El tema se retomó en 1916, en el Congreso Feminista realizado en Yucatán. Entre los argumentos de la polémica destacaba el relacionado con mantener la separación de la esfera pública (masculina) y privada (femenina) como un orden natural e inamovible; aunque algunos apostaban por buscar la complementariedad. En la controversia participaban varones de la élite intelectual y política como Justo Sierra, José María Vigil, Jesús Galindo y Villa; también algunos médicos como Francisco Flores, Luis Ruiz y Manuel Flores, por supuesto escritoras como Laureana Wright, Laura Méndez de Cuenca, Dolores Correa Zapata, entre otras (Cano, 2010).

### **El caso de San Luis Potosí**

En la ciudad de San Luis Potosí en 1907, algunos integrantes del Instituto Científico y Literario (ICL), responsable de impartir las carreras profesionales, se mostraban a favor de que las mujeres ingresaran a los estudios superiores, como lo publicó el periódico local *El Estandarte*, en una nota que expresaba simpatía y reconocimiento a la profesora María Castro, la primera mujer en ingresar a la carrera de medicina en el ICL, al tiempo que hacía eco de la solicitud de sus compañeros para que el gobernador del Estado le otorgara una beca, por carecer de recursos económicos.

Antes de ahora hemos dicho que la Srita. Profesora Mariana [sic] Castro, sobreponiéndose a los escrúpulos propios de su sexo y dominando ciertas naturales repugnancias, siempre instigada por el deseo de progresar intelectualmente, emprendió en el presente año los difíciles estudios de medicina [...] nos propusimos dirigirnos al gobernador del Estado solicitando una beca para la Srita. Castro, pues el trabajo que desempeñaba como profesora, para allegarse recursos, era demasiado penoso y podía agotar sus facultades (*El Estandarte*, 1907).

Al mismo tiempo, los solicitantes aseguraban al gobierno que la suma invertida sería totalmente aprovechada, ya que la Srita. Castro “ha dado repetidas pruebas de que es inteligente” (*El Estandarte*, 1907). Tres años después, el mismo periódico daba cuenta de otras mujeres que seguían el camino de María Castro, como María de los Ángeles Meza y las hermanas María Asunción y Cirina Portales al matricularse en los estudios preparatorios y seguir una carrera profesional, además de trabajar fuera de su horario de estudios. De esta manera, a través de un doble esfuerzo que demostraba sus capacidades, estas potosinas respondían a las exigencias socioculturales de demostrar su inteligencia. María Castro obtuvo su título de médico, cirujano y partero en 1912 y ocho años después Cirina Portales y María Dolores Arriaga se graduaron, la primera de medicina y la segunda de jurisprudencia.

La preocupación en torno a que las mujeres no se alejaran del “orden natural”, es decir, de la esfera privada y del cuidado de la familia siguió vigente. En 1920, cuando se titularon Cirina Portales y María Dolores Arriaga, la revista *Juventud*, publicación de los estudiantes del ICL, reconocía los logros y “el avance en el terreno de la educación de la mujer”, pero insistía en que ellas no deberían “extraviar” el camino que “la naturaleza” les había otorgado. En otras palabras, el autor del texto consideraba que, además de su carrera profesional, las egresadas



deberían realizar las labores del hogar, el cuidado de los hijos y enfermos, es decir, mantener los roles asignados a su género identificados como “el feminismo sano”.

Tan bella y tan adorable una mujer al pie de la cuna de su hijo como a la cabecera de un enfermo. Como madre, cumple la más noble función de su sexo, como enfermera o como médico, nadie como ella para consolar y atender a los que padecen, y como abogado, su ternura y su

piedad estarán siempre prontas para defender al que sufre y hacer que la justicia y la inocencia triunfen.

Y aunque es verdad que a veces la mujer suele extraviar el camino que la naturaleza le tiene claramente determinado, usurpando los dominios del hombre, hay que convenir que mientras más ilustrada sea, mejor comprenderá sus deberes y no olvidará jamás su misión de dulce y tierna compañera de aquél.

En buena hora pues, que la mujer se instruya, que trabaje y que con su labor honesta atienda a sus necesidades y las

propias de su familia, cuando sea necesario. El feminismo sano, que libra a la mujer de los peligros de la miseria con que las armas que le da el trabajo honrado es el fruto más valioso que nos ha traído la civilización y el progreso (Juventud, 1920).

### El perfil de las estudiantes potosinas

En esa época, la mayoría de las estudiantes en el ICL estaban registradas en los estudios para enfermeras y parteras; las menos en el bachillerato y en los

Nombre	Año de Graduación/edad	Lugar y año de nacimiento	Preparatoria	Estudios superiores Medicina-ICL-SLP	Comentarios
María Castro	1912 /Sin datos	Luis Potosí (capital)	ICL-SLP (1907)	Medicina-ICL	Contrajo matrimonio con el médico graduado del ICL Nicolás R. Amerena
Cirina Portales	1920/Sin datos	Sin datos	ICL-SLP	Jurisprudencia-ICL	Hija del abogado Benigno Arriaga y hermana menor del liberal Camilo Arriaga. Sobrina nieta de Ponciano Arriaga.
María Dolores Arriaga	1920 (27 años)	San Luis Potosí (capital) 1893	ICL-SLP	1° año Medicina ICL. 1920-1924 Escuela Nacional de Medicina (ENM)	José Vasconcelos solicita se le exima del pago de la cuota de 1924. Contrajo matrimonio con el médico Francisco Ortiz.
Emilia Leija Paz	1925 (22 años)	Soledad Díez Gutiérrez, SLP, 1903	ICL-SLP	1919-1920 1°y 2° año de Medicina ICL. 1921 ENM	
María Dolores Villalobos Epiro	1925/Sin datos	Sin datos	ICL (1914-1918)	1926-1930 Escuela de Medicina de la Universidad de SLP	Solicita se le exima de pago. Afirma ser huérfana, tener tres hermanas y no trabajar
Sara Puente Estrada	1925 (20 años)	San Luis Potosí (capital) 1905	ICL (1925)	1930 ENM ENM 1922-1927	
Mathilde Rodríguez –Cabo Guzmán	1928 (26 años)	Las Palmas, SLP, 1902	Sin datos	1923 pide revalidar estudios en la Escuela Nacional Preparatoria y en abril el pase a la ENM.	Becada por la Sociedad Alexander Von Humboldt para estudios de psiquiatría en la Universidad de Berlín (1929-1930). Contrajo matrimonio con el militar Francisco José Múgica Velázquez.
Rosa Hernández Salazar	1930 (27 años)	San Luis Potosí 1903	ICL 1917-1922 1922 Ingres a la carrera de medicina en el ICL		Solicita se le exima de pago por ser hija de obrero.

Cuadro 1. Fuente: elaboración propia con datos de Castañeda Rodríguez, 2010.

Es Ph.D. en Historia por la Universidad de Kansas. En la actualidad es profesora investigadora de la Facultad de Ciencias Sociales y Humanidades de la UASLP, en donde desarrolla el proyecto "Las mujeres en la educación profesional. El caso de San Luis Potosí 1890-1930".



primeros años de la carrera de medicina que, en algunos casos, las alumnas concluían en la Escuela Nacional de Medicina en la ciudad de México, como lo hicieron Emilia Leija Paz, María Dolores Villalobos Epiro y Mathilde Rodríguez Cabo, entre otras mujeres que después harían contribuciones muy importantes a su disciplina en el país (Castañeda, Rodríguez, 2010).

En ocasiones puede pensarse que las mujeres interesadas en los estudios superiores provenían de familias letradas, con recursos económicos y habitantes de las zonas urbanas. Sin embargo, algunas investigaciones muestran diversos orígenes geográficos y tradiciones familiares que rodearon a estas mujeres, (cuadro 1).

Esta información sugiere que algunas mujeres nacidas a finales del siglo XIX y principios del XX, concluían sus estudios superiores a una edad mayor que en la actualidad, es decir, arriba de los 25 años y en algunos casos, como el de María Castro, se habían graduado primero como profesoras y después continuaban una carrera profesional. La idea de que las mujeres interesadas en su formación profesional provenían de familias con poder económico de la capital del estado, contrasta con la información recabada, ya que varias de ellas tenían dificultades para

sostenerse, sobre todo si concluían sus estudios en la ciudad de México y se habían trasladado de su localidad natal como Las Palmas, San Ciro y Matehuala (en esa época zona rurales) a la ciudad para iniciar sus estudios. Aún falta mucho por conocer de la vida de estas y otras mujeres que asumieron el reto de ignorar el decreto de la Universidad de Bolonia, superar estereotipos y enfrentar adversidades para abrir el camino a esas más de 17 mil mujeres que en este 2023 cursan una carrera profesional en la UASLP. **LP**

#### Referencias bibliográficas:

- Cano, G. (2010), "La polémica en torno al acceso de las mujeres a las profesiones entre los siglos XIX y XX". En Mac Gregor, Josefina. Miradas sobre la nación liberal 1848-1948, *Proyectos, debates y desafíos*. México, UNAM.
- Castañeda López, G. y Rodríguez de Romo, A. C. (2010) *Pioneras de la medicina mexicana en la UNAM: del Porfiriato al nuevo régimen. 1887-1936*. México, UNAM, Ediciones Díaz de Santos.
- El Estándarte* (23 de marzo de 1907), año XXII, num. 4872.
- Juventud. El periódico de los estudiantes* (1 de abril de 1920). IV época núm. 13. San Luis Potosí,
- Palermo, A. I. (2006). El acceso de las mujeres a la educación universitaria. *Revista Argentina de Sociología*, 4(7), 11-46. Recuperado en 04 de agosto de 2023, de [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1669-32482006000200002&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1669-32482006000200002&lng=es&tlng=es).

Recibido: 06.07.2023 • Aceptado: 10.07.2023

**Palabras clave:** Comunicación inalámbrica, ciencia potosina, personajes potosinos, investigación en física.

# Al andar se hace camino

JOSÉ REFUGIO MARTÍNEZ MENDOZA

*flash@ciencias.uaslp.mx*

FACULTAD DE CIENCIAS, UASLP



Los dedos se deslizaban sobre la pantalla del celular con una habilidad extraordinaria; entre imágenes de sus redes sociales y mensajes entre sus cuates, Pablo destinaba el tiempo previo al inicio de su clase en uno de los pasillos de la universidad.

Pablo ignora que las bases y el soporte técnico para su utilización remota e instantánea en cualquier parte del mundo se originaron en las aulas donde ahora finca su formación, sigue con atención el curso de sus clases repasando, en su mayoría, a autores con apellidos extranjeros.

Medio siglo media la generación del ambiente que ahora le toca disfrutar a Pablo para su formación. En el mundo del conocimiento, medio siglo es muy poco tiempo, aunque se requirieron más de treinta años para que comenzará a fraguarse ese ambiente de modernidad en la educación basado en la generación de conocimiento que no pudo consolidarse en esos primeros años de vida autónoma de la universidad, lugar donde ahora Pablo transita como uno más de los estudiantes en las centenarias aulas universitarias.

Centrado en las importantes aportaciones actuales de su institución, Pablo continúa utilizando su celular y cree que la existencia de ese aparato proviene de otros lares tal como lo escucha en sus clases. Sin embargo, la base de su operación y la posibilidad de utilizarlo en tiempo real conectado a cualquier parte del mundo, tuvieron su origen en esas aulas en las que ahora se forma, en tiempos en los que la investigación científica

y tecnológica no se practicaba de manera formal en las aulas y en esos otros tiempos donde se iniciaba esta práctica, ahora común.

Así, dos de los aspectos, entre muchos otros, en los que se basa la telefonía celular tuvieron su origen, en el entonces Instituto Científico y Literario de San Luis Potosí, mientras que su aportación tecnológica, se dio en la ahora Universidad Autónoma de San Luis Potosí, cuando iniciaba el proceso de investigación en su seno.

### **Estrada, la investigación y la educación en el ICLSLP**

Después de la restauración de la República y el reinicio de actividades del Instituto Científico y Literario de San Luis Potosí, llegaron a sus aulas a participar en las cátedras de la institución profesores que combinaban la cátedra en sí y su trabajo profesional, principalmente médicos y farmacéuticos, en cuyas áreas harían contribuciones importantes que colocarían a San Luis Potosí como una de las ciudades de mayor grado cultural en el país. Si bien poco de estas aportaciones eran llevadas a las aulas, por su naturaleza, algunas de esas contribuciones serían compartidas a los alumnos del Instituto, principalmente en la cátedra de física, la

cual era impartida por Francisco Javier Estrada desde su reapertura en 1867.

La función del Instituto se centraba en la formación de los alumnos, por ello la responsabilidad de los profesores no incluía tareas de investigación, aunque sí las realizaban fuera de la institución. Para sobrevivir, Francisco Estrada trabajaba como farmacéutico y docente en el Instituto. Su labor de investigación, que llegó a ser sobresaliente, no era remunerada y sus productos no le rendirían emolumentos para su sostenimiento, lo que no obstaba para cejar en sus anhelos generar nuevo conocimiento y posibles aplicaciones que fueran aprovechadas en beneficio de la sociedad. Múltiples son sus aportaciones que lo convertirían en el físico mexicano más importante del siglo XIX; si bien su formación fue de farmacéutico, cursó física en la Escuela Nacional de Medicina, de esta manera, con una profesión se ganaba la vida y con la otra satisfizo sus inquietudes investigadoras.

Una característica tendría Estrada como catedrático del Instituto: compartir con sus alumnos en la cátedra de física los resultados de sus investigaciones, realizaba experimentos formativos basados en sus propios desarrollos en varios campos de la física que se conocía en el siglo

Las contribuciones de médicos y farmacéuticos potosinos colocaron a SLP como una de las ciudades de mayor grado cultural del país en el siglo XIX

XIX, principalmente con la electricidad y el magnetismo, brazos derechos de la física en aquella centuria. De esta manera, los alumnos del Instituto vivirían momentos privilegiados, al contar con un catedrático que generaba conocimiento original, a la vez que repasaban los conocimientos generados en otras partes del mundo y que le daban estructura a la física. Momento único en la educación superior en México y precursor de las futuras universidades modernas que se crearían en el país, entre ellas la propia universidad potosina, bajo el carácter de autónoma.

En la década de los setenta decimonónicos, Estrada trabajaba en su gran proyecto: la reproducción del sonido, una de las más importantes aportaciones en el mundo de la física, los cuales comenzaron a ser reconocidos en diferentes partes del mundo, aunque al final, caerían en el olvido. Aportaciones que llevaría al aula para mostrárselos a sus alumnos y hacerlos experimentar con los aparatos que llegó a desarrollar, entre ellos, el innovador y fascinante experimento de enviar señales electromagnéticas a largas distancias, sin utilizar hilos conductores. Era el año de 1882, y el salón de actos del Instituto se convertía en el laboratorio donde se mostraba tremenda proeza; años después, en 1886, Estrada conseguiría la patente para comunicar trenes en movimiento con la estación ferroviaria, dando a conocer así una aplicación de su gran desarrollo: la comunicación inalámbrica. La historia de la ciencia marca que fue hasta 1896 cuando Guillermo Marconi, ingeniero electrónico italiano, patentara esa contribución, pasando por alto la de Estrada, curiosamente, el mismo día en que terminaba el privilegio de diez años dado a Estrada para manejar su descubrimiento.

Estrada hacía partícipes a sus alumnos como parte de su formación y a su vez

aprovechaba su interés, embestidos de ayudantes aligeraban el trabajo con las manos de Estrada que le costaba mucho usarlas en trabajo práctico, debido a su enfermedad, pero que a lo largo de los años había adquirido experiencia en el trabajo manual que requerían sus desarrollos a pesar de su ataxia locomotriz. Estos experimentos fueron realizados en la actual oficina de Rectoría en el Edificio Central de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

### El testimonio

Uno de sus estudiantes, recordaba en 1897, al anunciarse el descubrimiento de Marconi de la comunicación inalámbrica y que la prensa local y nacional promovía con loas a su autor, que dicho descubrimiento había sido realizado más de diez años antes por el potosino Francisco Javier Estrada en pleno centro de la ciudad de San Luis Potosí y en el edificio donde profesaba su cátedra de física. Para entonces, el olvido sobre la obra de Estrada y su persona ya hacía acto de presencia, y los motivos deben ser dignos de estudio.

Francisco Gándara, estudiante del curso de física que dictaba Estrada, narra su reacción ante la noticia del experimento de Marconi, asegura que para él no fue nada sorprendente, pues él, al igual que sus condiscípulos, presenciaron la comunicación telegráfica sin hilo conductor, tanto en el aire (en el espacio dice Gándara) como a través de la tierra (refiriéndose a la detección de temblores de tierra). Refiere Gándara que los experimentos con los más mínimos detalles quedaron consignados en los libros en que Estrada apuntaba el resultado de sus grandes estudios. Libro que infructuosamente hemos buscado y que representa un tesoro para la historia de la ciencia y para la historia de nuestra propia cultura.

Lo que me ha sorprendido, y mucho, es que inventos de tanta trascendencia hayan sido descuidados por nuestro Gobierno, ya que las circunstancias del Sr. Estrada le impedían extenderlos y darlos a conocer para honra de la República. Por decoro de la Nación y estímulo de los que al estudio de la ciencia se dedican, de desearse fuera que la Secretaría de Fomento se interesara por proteger a los inventores, acordando primas a los que presentaran descubrimientos interesantes y de grandes resultados prácticos, como son todos los que se deben, e ignorados quedan muchos aún, al sabio electricista D. Francisco J. Estrada.

Gándara sigue recordando las lecciones de Estrada y el orgullo que sentían sus

compañeros al observar experimentos fantásticos de asuntos con los que estaban familiarizándose y, luego ser testigos de la trascendencia cuando veían sus aplicaciones o los aparatos derivados de ellos. Más orgullo, pues su participación era activa, ayudándole a su profesor con los arreglos experimentales y apuntando los registros de sus observaciones y resultados.

Francisco Gándara estuvo en el curso de física de Estrada en 1881, y en 1882 seguía participando en las lecciones que dictaba Estrada, y en los experimentos que junto a sus discípulos realizaban enfascados en el problema que más tarde resolvería y que asegurado y perfeccionado presentó en 1886 a la Secretaría de Fomento, su sistema para comunicar

trenes en movimiento. Así sus primeras pruebas de comunicación sin hilo las realizaría entre 1881 y 1882, en el Instituto Científico y Literario de San Luis Potosí. Enfatiza Gándara:

Al que esto escribe, discípulo del Sr. Estrada por aquellos años, cúpole en suerte ayudarle en la práctica de sus experiencias, para las cuales por la imposibilidad en que el sabio electricista se encontraba, necesitaba el concurso mecánico de alguien, y ¡cuántas veces me dejó sorprendido del resultado maravilloso de sus ideas que yo ejecutaba sin conciencia! Yo mismo escribí de mi puño y letra la teoría del descubrimiento que hoy como de Marconi se presenta y asenté los experimentos que llevábamos a efecto con magníficos

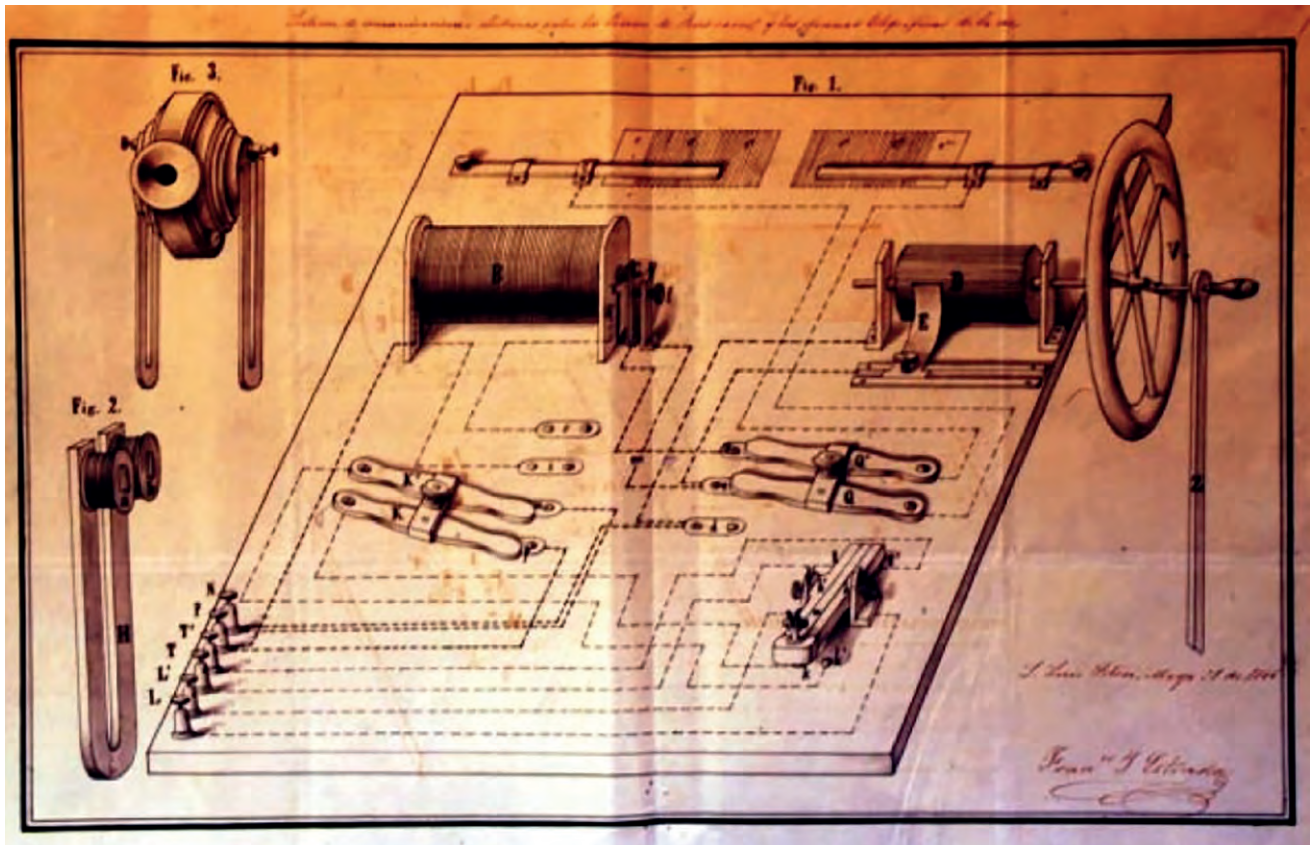


Figura 1. Dibujo del primer sistema de comunicación inalámbrica en el mundo, presentado por Francisco Estrada al Ministerio de Fomento para solicitar su patente para comunicar trenes en movimiento y del cual obtuvo la aprobación el 12 de junio de 1886.

resultados, así como muchísimos de los frutos de la singular ilustración y gran saber del Sr. Estrada" 96.

Quince años después de lo narrado por Gándara, este recordaba los acontecimientos y familiarizado con los resultados de Marconi, comparaba lo reportado por ambos científicos. Recriminaba el desinterés de autoridades gubernamentales por descuido ante las invenciones de gente de valía, desaprovechándose sus estudios para el progreso del país. Gándara se acostumbraba al menosprecio hacia la obra de Estrada y su atribución a otros científicos extranjeros, como había sido el caso de la mayoría de los desarrollos de Estrada, en especial, Gándara recordaba la aplicación de la bobina de inducción a la telefonía, un año después de que Estrada diera a conocer su sistema de telefonía y su micrófono, fue dado a conocer en el extranjero.

Francisco de Gándara se recibió de ingeniero en el Instituto Científico y Literario, cuando hizo estas aclaraciones era un reconocido ingeniero experto en perforación de pozos, fue él quien terminó la construcción de la cortina de la presa de San José.

El 16 de junio de 1886, Francisco Javier Estrada patentó su sistema para comunicar trenes en movimiento, claro sistema de comunicación inalámbrica logrado por primera vez a nivel mundial y que sería la base de una nueva ola de civilización que caracteriza a nuestra moderna sociedad, que, entre muchos de los ejemplos, se encuentra el teléfono celular de Pablo.

Este importante acontecimiento vivido en las aulas del Instituto preparaba el escenario para que setenta años después se comenzara a ser común tener esos ejemplos en las aulas universitarias, ya

convertido el Instituto en una universidad autónoma, donde se continuarían generando aportaciones de valía.

### Los aportes desde la autonomía

De los primeros proyectos de investigación científica desarrollados en la Universidad, treinta años después de obtener su autonomía, se encuentran los proyectos de energía nuclear de altas energías, enfocadas en el estudio de los rayos cósmicos y el proyecto tecnológico asociado: el diseño y construcción de cohetes, vehículos suborbitales, que sería conocido posteriormente como Cabo Tuna.

El estudio de la radiación cósmica puede considerarse el primer proyecto de investigación como tal que se realizaría en la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, donde se construiría una cámara de niebla y su control electrónico automático. Estas aportaciones colocaban rápidamente a la UASLP en el escenario mundial en esa área de la ciencia.

Así, en la década de los cincuenta del siglo XX, la Universidad contaría por primera vez con un investigador con grado de doctorado que tendría como función

realizar labores de investigación de tiempo completo en la universidad, gracias a una beca obtenida como investigador del Instituto Nacional de la Investigación Científica (INIC); de esta manera, la universidad contó con un catedrático de tiempo completo, cuyo tiempo destinado a la docencia se complementaba con el resto del tiempo que ocupaba para la investigación, la UASLP cubría el salario como catedrático de física y el INIC su tiempo dedicado a la investigación.

Ahora, de manera natural se compartirían los logros en física nuclear generados en la institución, en la propia formación de los estudiantes de física, tal como Estrada lo haría, bajo otra estructura, en los tiempos de Instituto.

La electrónica de control automático de la cámara de niebla fue una contribución mundial que sería utilizada en procesos de automatización, una década después, en la cual el grupo potosino liderado por Gustavo del Castillo tendría una aportación importante, así como el sistema para el registro de fotografía ultra rápida requerida en el sistema de la cámara de niebla desarrollada en la UASLP. Estos

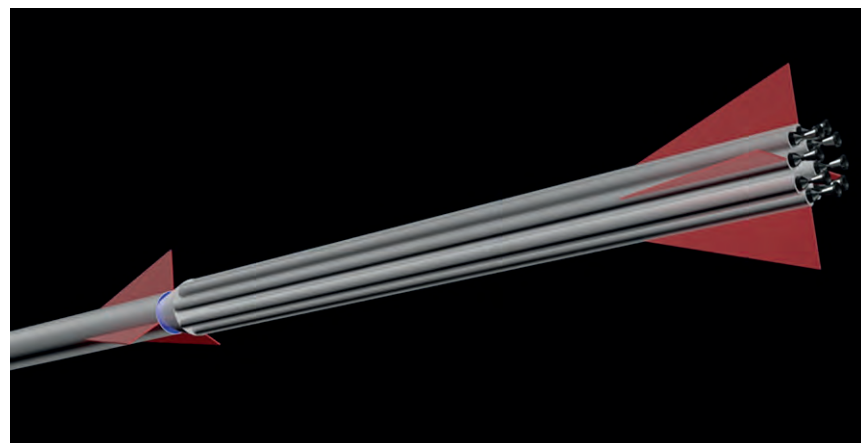


Figura 2.

Sistema de motores adyacentes al motor principal, combinado propulsores de combustible sólido y líquido, como consecuencia de los diseños de vehículos suborbitales de tres etapas en Cabo Tuna en 1967, implementados por Juan Fernando Cárdenas.

Es doctor en ciencias por el Instituto de Física de la UASLP, en donde es profesor investigador y trabaja en los proyectos "Estudio de moléculas orgánicas e inorgánicas embebidas en materiales vitreos" y "Enseñanza y comunicación pública de la ciencia", entre otros.



sistemas se convirtieron posteriormente en la base de sistemas de adquisición de información en sistemas de medición. Sistemas ahora de uso común justo en la telefonía celular.


Lograr la comunicación instantánea, en cualquier parte del mundo, requiere de los satélites artificiales para comunicación que son colocados en órbitas geoestacionarias por grandes vehículos espaciales que comenzaron a surcar el espacio exterior a fines de la década de 1950 y que conformara la llamada época espacial que ahora caracteriza a nuestras sociedades. En esa época comenzó a desarrollarse en la UASLP la construcción de pequeños cohetes de combustible sólido, lo que de cierta manera llevaba de la mano los trabajos de investigación en la UASLP con las grandes potencias. A pesar de lo modesto de sus aportaciones, significó una oportunidad para colocar a la UASLP y al país en este nuevo mundo creado por las investigaciones espaciales, lo cual por desgracia no ocurriría por diversos factores.

Sin embargo, uno de los importantes desarrollos que serían el sello de los cohetes de nueva generación, desarrollados en la década de 1990, y que ahora, son los modelos de esos cohetes que colocan satélites artificiales de diversas funciones orbitando la tierra y que permite a Pablo utilizar su celular conectado a cualquier parte del mundo, fue planteado en la UASLP.

En 1967, Juan Fernando Cárdenas diseñó un novedoso sistema de motores de combustible sólido que rodean a un motor central de combustible líquido. Por primera vez en el mundo se planteó este sistema que no logró construirse por completo, pero tiempo después ostentó esos grandes cohetes que ahora son comunes en los frecuentes lanzamientos de sistemas de comunicación.

Por desgracia, el programa de diseño, construcción y lanzamiento de cohetes, así como sus proyectos asociados para contar con mejores sistemas de propulsión no prosperaron en la UASLP ni en el país. Paradójicamente, estas aportaciones generadas en la UASLP, en su época de Instituto y en su época de autonomía, no fueron aprovechadas en el país, fueron depositadas en el olvido de tal forma que para Pablo y sus compañeros no forman parte de la información histórica del cuerpo de conocimientos en donde sí aparecen esas contribuciones, con otros nombres como sus generadores y desarrollados en otras partes del mundo.

La Universidad Autónoma de San Luis Potosí tiene una rica historia en el campo de la investigación científica, tanto en su época de Instituto como en la transición a universidad autónoma, con un camino complicado que postergó hasta la década de 1950, la institucionalización formal de la investigación en su estructura académica y que ahora es una de sus fuertes

cartas de presentación que coadyuva a la formación de los recursos humanos que ingresan a la UASLP en busca de una formación de calidad. 

**Referencias bibliográficas:**

- Martínez Mendoza J. R. (2010). *Cabo Tuna, una aventura espacial en San Luis Potosí, Museo de Historia de la Ciencia de San Luis Potosí*, Ed. José Refugio Martínez Mendoza, pp.125, mayo.
- Martínez Mendoza J. R. (2021). *El inventor de la comunicación inalámbrica*, Francisco Javier Estrada. San Luis Potosí.
- Martínez Mendoza J. R. (2021). *El padre de la física potosina*, Gustavo del Castillo y Gama. San Luis Potosí.
- Martínez Mendoza J. R. (2012) San Luis Potosí, cuna de la experimentación espacial en México, *Ciencia y Tecnología Aeroespacial en América Latina*, Somecyta pp. 1-4.
- Martínez Mendoza J. R. (2017). *La historia desconocida de la comunicación inalámbrica*, Boletín de la Sociedad Mexicana de Física. 31(2), pp. 91-94.
- J. L. Morán-López y J. R. Martínez (2020). El desarrollo de la física en San Luis Potosí, Parte 1, De la época colonial a la institucionalización de la física, *Boletín de la Sociedad Mexicana de Física*, 34(3), pp. 101-109.



Recibido: 29.06.2023 • Aceptado: 14.08.2023

Palabras clave: Ciencia, tecnología, divulgación científica.

# Innovación e impacto social: el legado científico de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí

DR. AMAURY DE JESÚS POZOS GUILLÉN  
[apozos@uaslp.mx](mailto:apozos@uaslp.mx)  
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO, UASLP

Desde su fundación, la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP) mantiene una visión vanguardista, que incluye diversas áreas del conocimiento y fomenta la interdisciplinariedad como un medio para abordar de manera integral los desafíos que enfrenta la sociedad. Con una comunidad académica de alto nivel, que reúne a la comunidad estudiantil, docente y de investigación comprometida con la calidad, la Universidad ha creado un entorno propicio para la investigación, la innovación, el desarrollo y la formación de profesionales altamente capacitados.

La UASLP ha sido durante décadas un bastión del conocimiento y de excelencia académica en México. Como institución de educación superior comprometida con el progreso de la sociedad, ha desempeñado un papel fundamental en la generación de conocimiento e innovación, y ha impactado en numerosas áreas del saber mediante la resolución de diversas problemáticas que afectan a la comunidad local, regional, nacional y mundial.

En este entorno, hoy conmemoramos 30 años de la revista *Universitarios Potosinos*, nuestra revista de divulgación científica, editada por la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, cuyo objetivo es y seguirá siendo, divulgar y difundir el conocimiento generado por la investigación científica y tecnológica de la UASLP y de otras instituciones nacionales y extranjeras, así como informar sobre los avances y descubrimientos en las diversas áreas del conocimiento.

Treinta años de compromiso con el conocimiento, la ciencia y la sociedad. Treinta años de abrir las puertas del saber y llevarlo más allá de las aulas, de los cubículos, de los pasillos universitarios, de los laboratorios y de las prácticas de campo. En tiempos como los que vivimos actualmente, en las universidades públicas, espacios como esta revista adquieren una importancia transcendental; representan una luz en medio de situaciones de desinformación, de pseudociencia, de falta de conocimiento sobre las cosas e incluso de descalificación de la actividad científica. Son una prueba de que la educación superior no es un asunto exclusivo de las élites, sino un bien común que está al alcance de todos.

Nuestro mundo ha experimentado una transformación inmensa desde el inicio de esta revista en aquel lejano año de 1993. Ese primer número de Marzo/Abril de 1993, incluyó en su editorial la razón de ser de la revista al mostrar lo que la Universidad es y de sus esfuerzos por superarse, y que la sociedad al conocernos se involucre y participe en nuestro desarrollo. Se incluyeron también reportajes, entrevistas y crónicas con personalidades del momento y artículos con temas relevantes desarrollados por nuestra comunidad universitaria, entre los que destacan “Químicos del mañana”, “Cuidado con los forrajes” y “Un nuevo mundo de información”; además de secciones culturales, deportes y sucesos importantes, ¡Cómo no llenarse de nostalgia al ver esas páginas!

#### **¿Qué ocurría en 1993?**

En ese año ocurrieron varios acontecimientos científicos significativos en diversas áreas.

Aquí algunas destacadas:

El proyecto genoma humano. El proyecto tenía como objetivo identificar y mapear todos los genes humanos, lo que sentaría las bases para importantes avances en la medicina y la biología molecular.

El telescopio espacial Hubble: Aunque el Telescopio Espacial Hubble fue lanzado en 1990, en 1993 se llevó a cabo una misión de reparación que corrigió un defecto en su óptica. Con ello, el Hubble envió imágenes y datos astronómicos de alta calidad, lo que ha ayudado a la comprensión del universo.

En su primer número, UP describió como una de sus razones principales de existencia, mostrar lo que la Universidad era y sus esfuerzos por desarrollarse. 30 años después, ese objetivo se cumplió.

Clonación de mamíferos. Los científicos lograron un importante avance en biotecnología al clonar por primera vez a un mamífero, una oveja llamada Dolly. Este logro abrió la puerta a futuras investigaciones en clonación y biología reproductiva.

Exploración espacial. La sonda Galileo llegó a Júpiter en diciembre de 1995, pero comenzó a enviar datos científicos en 1993. Esta misión proporcionó información valiosa sobre el planeta gigante y sus lunas.

Internet y la World Wide Web. La Internet y la World Wide Web experimentaron un crecimiento explosivo, lo que tuvo un impacto profundo en la forma en que se compartía y accedía a la información científica en todo el mundo.

Descubrimiento del primer exoplaneta. Los astrónomos anunciaron el descubrimiento del primer exoplaneta (un planeta fuera de nuestro sistema solar) orbitando una estrella similar al Sol. Este descubrimiento sentó las bases para la búsqueda de exoplanetas en los años posteriores.

Premio Nobel de Química. Kary Mullis y Michael Smith compartieron el Premio Nobel de Química en 1993 por sus contribuciones a la tecnología de la reacción en cadena de la polimerasa (PCR), una técnica fundamental en la biología molecular que permite amplificar segmentos específicos de ADN.

Inauguración del Papalote Museo del Niño. El museo está enfocado al aprendizaje, la comunicación y convivencia de los niños a través de exposiciones interactivas de ciencia, tecnología y arte.



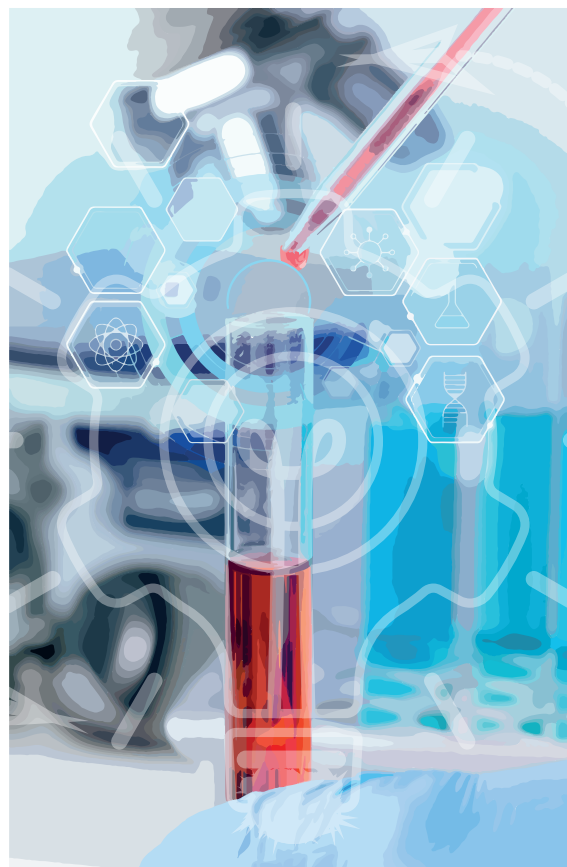
## UP en estos 30 años

Como puede verse con los datos anteriores, a lo largo de este tiempo hemos sido testigos de descubrimientos revolucionarios, avances tecnológicos e innovaciones que antes eran solo parte de la ciencia ficción y un cambio hacia una comunidad global más interconectada. En este sentido, nuestra revista ha sido un puente entre el mundo de la investigación y la sociedad en general. Ha traducido el lenguaje técnico y especializado de nuestros investigadores en conocimiento accesible y comprensible para todos. Ha roto las barreras del elitismo académico y ha hecho que la ciencia sea democrática y abierta para quienes deseen ser parte de ella. En estos 30 años, hemos sido testigos de un cambio en la forma en que compartimos y accedemos al conocimiento. La revolución digital y la creciente importancia de la ciencia abierta han transformado la manera en que hacemos investigación y cómo la compartimos. La ciencia ya no es inalcanzable, la ciencia es una conversación global, abierta a la participación de cualquiera que desee contribuir y beneficiarse de ella. Nuestra misión de compartir el conocimiento e inspirar la curiosidad, nunca ha sido más crucial.

En este viaje de tres décadas, hemos pasado de los cálculos en papel a la ciencia de datos, del aislamiento a la colaboración global, de la pasividad a la interacción. La pandemia de COVID-19 nos recordó lo vulnerables que somos y al mismo tiempo nos mostró la inmensa importancia de la ciencia en nuestra sociedad. La ciencia no es un simple conjunto de datos y fórmulas abstractas, sino una herramienta fundamental para comprender, abordar y superar los desafíos que enfrentamos como humanidad. Desde el momento en que el virus comenzó a propagarse, científicos de todo el mundo se unieron en un trabajo urgente para comprenderlo, rastrear su evolución y encontrar soluciones rápidas. La velocidad con que se desarrollaron vacunas contra el COVID-19 fue otro logro extraordinario que demostró el poder de la investigación científica y la colaboración global. La ciencia no solo ha impulsado la creación de vacunas en tiempo récord, también ha proporcionado las herramientas necesarias para evaluar la propagación del virus, evaluar su impacto en la salud pública y desarrollar estrategias para mitigar su transmisión. Los avances en la secuenciación genómica permitieron

un monitoreo preciso de las variantes del virus, y los modelos epidemiológicos ya desarrollados para otras enfermedades ayudaron a prever y gestionar la propagación del virus. Nuestra revista UP fue un medio para informar a nuestra comunidad sobre ello, fue el medio para comunicar cómo los científicos del mundo convirtieron este desafío en una oportunidad para innovar y crecer, fue el medio para compartir el conocimiento y coadyuvar a construir una comunidad más informada y consciente.

En las páginas de UP se han escrito historias de avances, descubrimientos e innovaciones que han transformado significativamente la sociedad, la tecnología y la ciencia. En estos 30 años, nuestras páginas “han hablado” de la Internet y la World Wide Web, de cómo se comunican las personas, de cómo obtienen información e incluso hacen negocios; de los teléfonos inteligentes, de lo esenciales que son la vida cotidiana, brindando acceso a información, aplicaciones y servicios en tiempo real; de las redes sociales, del surgimiento de plataformas que han cambiado la forma en que las personas se comunican y comparten información; de la secuenciación del



genoma humano, que permitió un profundo entendimiento de la genética humana y ha tenido implicaciones en la medicina y la investigación biomédica; de la inteligencia artificial, que ha dado lugar a sistemas que pueden realizar tareas complejas; de energías limpias, cuyos avances han impulsado la adopción de fuentes de energía renovable en todo el mundo, contribuyendo a la lucha contra el cambio climático; de exploraciones espaciales, y los grandes pasos, aterrizajes y misiones a lugares inexplorados; de medicina y biotecnología, incluyendo terapias innovadoras y vacunas; de criptomonedas, que han cambiado la forma en que se almacena y transfiere valor; de vehículos eléctricos, que están ya revolucionando la industria automotriz y de transporte; de tecnologías sostenibles como materiales biodegradables, agricultura de precisión y métodos de reciclaje más eficientes, entre muchos otros temas. El futuro es muy prometedor, seguro vendrán innovadores y emocionantes avances y desafíos que enfrentar y que, sin duda, quedarán plasmados en nuestras páginas, gracias a las contribuciones de nuestra comunidad universitaria.

### **Detrás de los avances científicos**

Sirva este espacio y momento para reconocer y aplaudir el compromiso de las y los investigadores de la UASLP, especialmente a aquellos cuyos aportes tienen un impacto directo en la resolución de problemas reales. Estos

hombres y mujeres de ciencia han demostrado día a día una dedicación en la búsqueda de soluciones, trabajando incansablemente en laboratorios, en el campo y frente a sus computadoras. Su trabajo y su compromiso con la verdad y con la evidencia científica son una inspiración para nosotros, son nuestros héroes modernos que dan esperanza en tiempos de adversidad. En el ámbito de la salud, las y los investigadores de la UASLP han sido pioneros en la lucha contra enfermedades endémicas y emergentes, desarrollando vacunas y tratamientos que han salvado vidas y mejorado la salud pública. Su dedicación a la investigación en neurociencias, biotecnología y medicina molecular ha llevado a avances significativos en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades crónicas, brindando esperanza a miles de personas y sus familias. Las ciencias exactas y naturales han sido otro pilar fundamental de la investigación en la UASLP, donde destacadas y destacados científicos han explorado los misterios del universo y los fenómenos fundamentales de la naturaleza. Sus estudios en física, matemáticas, química y biología han dado lugar a tecnologías innovadoras y han contribuido significativamente al conocimiento científico global. En las áreas de ingeniería y tecnología, la UASLP ha marcado la diferencia, aplicando el conocimiento científico para resolver desafíos industriales y sociales. Las y los investigadores han desarrollado soluciones en robótica, automatización de procesos, energías



Es maestro en Investigación Clínica y doctor en Ciencias Biomédicas Básicas por la UASLP. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde el año 2005, nivel III. Actualmente es secretario de Investigación y Posgrado de la UASLP



renovables y tecnologías de la información, que han impulsado la productividad y sostenibilidad, así como mejorado la calidad de vida de las personas. El compromiso de la UASLP con las ciencias administrativas, sociales y humanidades ha dado lugar a investigaciones valiosas en temas como derechos humanos, género, migración, historia del arte, literatura y responsabilidad social empresarial. Estos estudios han generado comprensión, conciencia y propuestas de políticas públicas para una sociedad más justa, igualitaria y comprometida con su patrimonio cultural. En las ciencias agronómicas, a lo largo de los años, la UASLP ha liderado investigaciones para mejorar la producción de alimentos, la eficiencia en el uso de recursos, la resistencia a plagas y enfermedades, y la conservación del medio ambiente en el sector agrícola. Además, han colaborado estrechamente con las comunidades agrícolas locales para transferir conocimientos y tecnologías, fortaleciendo así la seguridad alimentaria y el desarrollo rural. Estas contribuciones son solo una muestra de las áreas de investigación y los resultados destacados en la UASLP. La Universidad cuenta con una amplia y diversa comunidad científica que continúa trabajando para generar conocimiento e impactar positivamente en la sociedad. Cada año, investigadoras e investigadores se suman a esta labor, aportando ideas innovadoras y soluciones a los retos que enfrentamos como sociedad.

Es de destacar cómo las y los investigadores de la UASLP han sabido articular la investigación con la transferencia de conocimiento y la vinculación con la sociedad. Mediante programas de divulgación científica, colaboraciones con entidades públicas y privadas; mientras que, mediante el fomento del emprendimiento, la Universidad ha logrado que sus resultados de investigación, innovación y desarrollo tengan un impacto tangible en la comunidad, contribuyendo al desarrollo regional y nacional. El legado científico de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí es un testimonio vivo de su compromiso con

la sociedad y el avance del conocimiento. La comunidad académica de la UASLP, conformada por investigadores, docentes y estudiantes, ha dejado una huella importante en la historia del país gracias a las aportaciones concretas a los retos que enfrentamos como sociedad.

### Comentarios finales

Es fácil perderse en la nostalgia del pasado, en los desafíos que hemos superado y en los triunfos que hemos logrado. Sin embargo, hoy no se trata solo de recordar, se trata de mirar hacia adelante con optimismo y determinación. En estos tiempos de cambio rápido e incertidumbre, el papel de una revista como la nuestra se vuelve aún más significativo. Debemos seguir proporcionando una plataforma para que la comunidad científica, académica y de pensadores compartan sus conocimientos e ideas, e inspiren a las próximas generaciones. Nuestro compromiso con el acceso abierto garantiza que el conocimiento siga siendo una luz, accesible para todos, sin importar su origen o ubicación.

Recordemos que no solo estamos celebrando el pasado, sino que también miramos hacia el futuro. Los próximos 30 años tienen posibilidades y desafíos innumerables, y es nuestro deber navegar por ellos con entusiasmo y visión de futuro. El mundo necesita más voces como la nuestra, voces que hablen no solo de rigor científico, sino también del impacto del conocimiento en la sociedad y en la resolución de sus problemas.

Así que, en este momento en el que nos encontramos imaginando y construyendo nuestro futuro institucional, celebremos con orgullo nuestros primeros 30 años y reavivemos la chispa de la curiosidad que nos ha llevado hasta este punto. Permitamos que las numerosas historias que han enriquecido nuestras páginas nos motiven y nos fortalezcan para seguir contribuyendo al dinamismo de esta revista en los años por venir. ¡El conocimiento no merece menos!

Recibido: 01.12.2022 • Aceptado: 14.08.2023

Palabras clave: Ciencia abierta, crisis científica, ciencia ciudadana.

# Ciencia abierta al mundo

DIANA ALFÉREZ ROSALES

*diana.alferez.r@outlook.com*

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA COMUNICACIÓN, UASLP

ROSALBA BADILLO VEGA

*rosalba.badillo@uaslp.mx*

FACULTAD DE PSICOLOGÍA, UASLP

En tiempos recientes se habla constantemente de la ciencia abierta, pero aún se desconoce todo lo que implica. En este trabajo se describen las razones de la actual crisis de irreproducibilidad de la ciencia en todo el mundo, se introduce el concepto de la ciencia abierta con sus elementos, los cuales permiten la adopción de buenas prácticas científicas, y, por último, se presenta la manera en que la pandemia por COVID-19 impactó a este movimiento. Se concluye con las posibles ventajas y desventajas de dicho movimiento científico.

En la actualidad, la generación de conocimiento científico se ha acelerado debido, entre otros, al desarrollo de nuevas metodologías, la creación de repositorios de información, el uso de recursos tecnológicos, así como la existencia de cada vez mayor número de revistas científicas para la revisión, la validación y la publicación de resultados científicos. Sin embargo, las diferencias socioeconómicas presentes en el mundo, principalmente en lo que se conoce como norte y sur global, han traído consigo que la producción científica se dé en condiciones desiguales, en donde las oportunidades de producir y divulgar los trabajos científicos se concentran en el norte global, haciendo así que la ciencia sea poco accesible para muchos. Además, la alta competitividad por los beneficios de la publicación científica ha provocado que muchos de los resultados que se divulgan no sean reproducibles a causa de que mucha de la información no es compartida.

Por lo anterior, se ha generado una crisis en la ciencia moderna referente a la irreproducibilidad y otras malas prácticas científicas, debido a lo cual ha surgido la ciencia abierta como un movimiento que promueve buenas prácticas. Hacer abiertos muchos de los pasos en una investigación, además de poner a disposición del público general los resultados científicos, son algunos de los principios de dicho movimiento.

### **El camino a la ciencia abierta**

En la actualidad, las condiciones desiguales para la creación de nuevo conocimiento han puesto en peligro la integridad de la ciencia. De acuerdo con la Comisión Europea, dicha integridad está intrínsecamente relacionada con la reproducibilidad de los resultados científicos, es decir, que con base en la información de las investigaciones publicadas los resultados logren ser replicados por cualquier persona.

En este sentido, Randall y Welsler (2018) discuten la irreproducibilidad como la crisis de la ciencia moderna, pues explican que actualmente muchos de los métodos de investigación publicados en revistas científicas no son reproducibles, ya sea porque emplean técnicas de investigación que no son adecuadas, porque las fuentes o bases de datos no están disponibles para todos, o porque los grupos de investigación se vuelven poderosos o aislados y no permiten la contribución ni la distribución de la información. Esto último, da como resultado que la creación de nuevo conocimiento se dé en condiciones desiguales, al igual que el acceso a los recursos y los resultados científicos.

Además, dichas desigualdades tienen consecuencias en las oportunidades de publicar una investigación. Anzola Montero (2021) afirma que los artículos científicos se han convertido en medios para la mercantilización de la ciencia, es decir, ponerla en venta, ya que el pago por una publicación científica se ha convertido en una práctica cotidiana adoptada por las y los investigadores con el propósito de ser reconocidos por la comunidad científica y aportar al avance de la ciencia.

Esto se acentúa debido a que dichas publicaciones son necesarias para la obtención de beneficios para las y los autores, por lo que hay más competitividad. En este sentido, Frey (2003) se ha referido a la prostitución de la publicación científica, explicando que las y los investigadores publican por obtener ciertos puntos o promoción sin atender a las demandas de la sociedad, generar más conocimiento o mejorar la formación de las y los estudiantes universitarios.

El contexto mexicano no está exento de las prácticas antes enunciadas. Bautista Valdivia *et al.* (2023) mencionan que si bien las y los investigadores de algunas instituciones estatales y privadas están familiarizados con la manera nórdica



Existe hoy una crisis en la ciencia, causante de la irreproducibilidad y otras malas prácticas científicas. La Ciencia Abierta podría ayudar en dicha crisis.

de trabajar la ciencia, la mayoría no puede entrar al esquema de la mercantilización por no contar con los recursos suficientes para las publicaciones. Así mismo, en muchos casos del país, se publica con el fin de obtener puntos para el Sistema Nacional de Investigadores (SNI). Lloyd (2016) explica que el pago por mérito ha traído consigo presiones por producir conocimiento, el cual se mide prioritariamente con el número de publicaciones en revistas y libros reconocidos. Esto tiene como consecuencia un alto nivel competitivo, el cual, en la mayoría de los casos, se da en condiciones desiguales. En pocas palabras, en el mundo y en México se publica con el fin de sólo publicar aunque no sea siempre reproducible, generándose así malas prácticas científicas. Por lo que tiene que pensarse en una nueva forma de hacer ciencia, es decir, de producir conocimiento.

### **Ciencia abierta ¿qué es?**

Frente a la crisis en la ciencia generada por la irreproducibilidad de los resultados y los pocos aportes al avance científico de las publicaciones, es decir, malas prácticas científicas, surge un movimiento denominado Ciencia Abierta, la cual se define como la apertura de la ciencia desde la primera idea hasta la publicación científica (Müller-Birn, 2018). En otras palabras, no solamente se trata de abrir las publicaciones en repositorios accesibles a todo el mundo, sino que significa mantener abierto todo el proceso para hacerlo comprensible y darle algún uso para toda la gente, incluso para aquellas personas que no forman parte de la comunidad científica.

De acuerdo con Arieuw (1992), la Ciencia Abierta beneficia a las y los investigadores, ya que asegura la revisión y reproducibilidad crítica, abre la cultura científica a la sociedad y, como resultado, refuerza el método científico. Además, Gray *et al.* (2009) sugieren que el acceso a grandes volúmenes de datos permitiría hacer más rápido el análisis y la resolución de problemas, y facilita la participación ciudadana con el fin de fomentar la opinión informada sobre temas de interés público, es decir, la democratización del conocimiento.

Para comprender mejor qué es la ciencia abierta, ésta puede verse como un concepto sombrilla que tiene varios elementos, los cuáles pueden apreciarse en la gráfica 1: *a)* metodología abierta, *b)* infraestructura abierta, *c)* fuentes abiertas, *d)* datos abiertos, *e)* acceso abierto, *f)*

# ¡La ciencia debe ser para todos!



Vaya que la historia de la ciencia es larga, en cada siglo avanza a pasos gigantes, pero ¿qué podría ser lo que hoy impide su desarrollo si tenemos los medios, la tecnología y las herramientas?



Otro de los conflictos que impiden que la ciencia sea de acceso universal, es la llamada mercantilización de la ciencia, la competitividad y pago por producir conocimiento se mide prioritariamente con el número de publicaciones en revistas y libros reconocidos. Además de que se publica con el fin de sólo publicar.



Un ejemplo cercano y que reflejó los beneficios de la ciencia abierta fue la crisis del coronavirus. Investigadores e investigadoras de todo el mundo colaboraron y usaron la información y herramientas disponibles para conocer mejor el virus y desarrollar vacunas contra la enfermedad respiratoria.



Pues bien, podría pensarse que la ciencia y sus resultados están al alcance de todos, pero no es así, hay una desigualdad en la generación y difusión del conocimiento científico. Esto significa que los resultados de las investigaciones, las fuentes y bases de datos en realidad no están disponibles para todos, pues la contribución ni la distribución de la información se está difundiendo como debería.

Para resolver estos inconvenientes en la ciencia, surge un movimiento denominado Ciencia Abierta, el cual busca mantener abierto todo el proceso para hacerlo comprensible y darle algún uso para toda la gente, incluso para aquellas personas que no forman parte de la comunidad científica.



evaluación por pares abierta, g) educación abierta y h) ciencia ciudadana (Anglada y Abadal, 2018).

La metodología abierta se refiere a transparentar y compartir los datos para que, referenciando a su autor u autora, alguien más pueda utilizarlos y avanzar en el conocimiento científico. En cuanto a la infraestructura abierta, por ejemplo, en el caso de las universidades, cada una tiene sus propios laboratorios, microscopios, computadoras, softwares, así como otras herramientas y equipo, los cuales usualmente no son compartidos con otras instituciones o colegas de la misma institución a causa del miedo de que alguien más haga mejor ciencia. Por su parte, el elemento de las fuentes abiertas consiste en la transparencia al mostrar de dónde y cómo se obtienen los datos, siguiendo la ética de la investigación.

Los datos abiertos significan volver accesibles, con medidas éticas y jurídicas, los datos digitales para poder ser usados por cualquier persona en cualquier parte del mundo. Mientras que el acceso abierto es el uso y acceso gratuito a recursos digitales como videos, audios, pdf, libros digitales, entre otros.



Gráfica 1.  
Ciencia abierta y sus elementos  
Elaboración propia con base en Anglada y Abadal (2018)

Así mismo, la educación abierta hace posible abrir los espacios para comentar de una mejor forma los resultados científicos dando mayores oportunidades a los ámbitos de la investigación y la docencia. Por último, la ciencia ciudadana se refiere a la participación de personas del público general en la ciencia. Las y los ciudadanos aportan información sobre su entorno a través de sus celulares o aplicaciones para que los científicos puedan utilizarla y así acelerar el proceso de la creación de nuevo conocimiento.

Sin embargo, también existen retos al momento de adoptar esta práctica científica. Por ejemplo, Capps (2020) menciona que la ciencia abierta puede correr el riesgo de dar paso a prácticas explotadoras, conflictos de intereses y una mala seguridad de datos bajo la confusa idea del interés público. Por lo anterior, aún hay muchas disputas sobre el acceso abierto y es necesario que los creadores de políticas pongan su atención en ello con el fin de consolidar sus avances (Fressoli y de Filippo, 2021).

En resumen, la ciencia abierta trae consigo elementos que hacen posible la participación de las y los ciudadanos en la ciencia, la transparencia de las prácticas científicas y la aceleración de la resolución de problemas de interés público. Además, es importante conocer los riesgos y, por ende, tomar medidas preventivas como la creación de políticas.

### Ciencia abierta puesta a prueba ante la COVID-19

Un ejemplo del impacto de este movimiento pudo apreciarse durante la crisis del coronavirus, ya que ésta generó la aceleración de las prácticas de la Ciencia Abierta, mediante la colaboración entre investigadores e investigadoras de todo el mundo (Fressoli y de Filippo, 2021). Por un lado, las y los científicos de las disciplinas biomédicas comenzaron a utilizar herramientas disponibles como repositorios abiertos de datos, publicaciones y *preprints* para acelerar la producción de conocimiento sobre el virus. Ejemplo de ello es lo que reportaron Besançon *et al.* (2020), pues mencionan que la comunidad científica respondió a la crisis publicando más de 80 000 *preprints* y artículos revisados por pares sobre la COVID-19. Además, los autores dan el ejemplo de uno de los repositorios abiertos de ciencias médicas: medRxiv, en el cual durante los últimos seis meses del 2019 habían sido publicados 807 *preprints*; mientras que en los primeros seis meses del 2020 hubo un incremento del 739 por ciento con 6 771 *preprints* publicados en ese periodo.



Estudió psicología en la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Realizó sus prácticas profesionales en el Depto. Gestión del Conocimiento y la Innovación de la UASLP y fue una de las participantes del 9º Encuentro de Jóvenes Investigadores en el estado de San Luis Potosí. Sus intereses de investigación son la internacionalización y la innovación, así como la transferencia de conocimiento.

Además del impacto de la COVID-19 en las publicaciones y la colaboración científica, cabe destacar el efecto en la ciencia ciudadana. Fressoli y de Filippo (2021) mencionan dos iniciativas: EU-Citizen.Science y Covid Near You. De acuerdo con los autores, la primera iniciativa permitió compartir recursos y herramientas para la formación de la ciencia ciudadana y la colaboración, además de dar a conocer la iniciativa Flusurvey utilizada para la supervisión de enfermedades infecciosas en Europa. En cuanto a la segunda iniciativa, los autores explican que ésta utilizó datos recolectados por los ciudadanos para reproducir mapas que ayudaron al público y a los organismos de salud a identificar los puntos críticos de la COVID-19 en Canadá, Estados Unidos de América y México.

En pocas palabras, la crisis de la COVID-19 aceleró la adopción de prácticas de ciencia abierta que permitió dar una respuesta rápida y global a la pandemia. De esta manera, se demostraron los beneficios de dichas prácticas científicas, así como la urgencia de incluirlas en el proceso de la creación de nuevo conocimiento.

### Conclusión

La crisis de la ciencia moderna ha sido producto de malas prácticas científicas como la irreproducibilidad de lo que se publica; además del poco aporte al conocimiento científico y a las necesidades sociales. Por lo que el movimiento Ciencia Abierta con sus elementos como la metodología abierta, el acceso abierto, la ciencia ciudadana, entre otros, ha tratado de convertirse en el antídoto para dicha crisis. El impacto de dicho movimiento se pudo apreciar durante la crisis del COVID-19 al demostrar los beneficios de abrir la ciencia. Algunos ejemplos de ello son las iniciativas de ciencia ciudadana para la localización de puntos críticos durante la pandemia, la colaboración científica para entender y atacar al virus, así como el aumento de publicaciones científicas y su rápida revisión

por pares. Finalmente, la Ciencia Abierta ofrece nuevas oportunidades para las y los investigadores de todas partes del mundo, así como la apertura de la ciencia a los ciudadanos, poniendo al alcance de cualquier persona los resultados científicos productos de la investigación. **UP**

### Referencias bibliográficas:

- Anglada, L. y Abadal, E. (2018). ¿Qué es la ciencia abierta? *Anuario ThinkEPI*, 12, 292. <https://doi.org/10.3145/thinkepi.2018.43>
- Anzola Montero, G. (2021). La mercantilización del saber científico. *Revista U.D.C.A Actualidad and Divulgación Científica* (Vol. 24, Issue 1). Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A. <https://doi.org/10.31910/ruca.v24.n1.2021.1911>
- Ariew, R. (1992). Descartes and the tree of knowledge. *Synthese*, 92, 101-116. <https://doi.org/10.1007/BF00413744>
- Bautista Valdivia, J., Lobato López, C. y Badillo Vega, R. (2023). Ciencia abierta como una nueva forma de hacer investigación.
- Besaçon, L., Peiffer-Smadja, N., Segalas, C., Jiang, H., Masuzzo, P., Smout, C., Billy, E., Deforet, M. y Leyrat, C. (2020). Open Science Saves Lives: Lessons from the COVID-19 Pandemic. *BioRxiv*. <https://doi.org/10.1101/2020.08.13.249847>
- Capps, B. (2020). Where does open science lead us during a pandemic? a public good argument to prioritise rights in the open commons. *Cambridge Quarterly of Healthcare Ethics* 30 (1), pp.11-24. <https://doi.org/10.1017/S0963180120000456>
- Publications Office. <https://doi.org/10.2777/341654>
- Fressoli, M., y de Filippo, D. (2021). New scenarios and challenges for open science. Between optimism and uncertainty. *Arbor*, 197(799). <https://doi.org/10.3989/arbor.2021.799001>
- Frey, B. S. (2003). Publishing as Prostitution? – Choosing Between One's Own Ideas and Academic Success. *Public Choice*. 116, pp.205-223 <https://doi.org/10.1023/A:1024208701874>
- Gray, J., Hey, T., Tansley, S. y Tolle, K. (2009). Jim Gray on eScience: A Transformed Scientific Method. En T. Hey, S. Tansley y K. Tolle (Eds.), *The Fourth Paradigm: Data-Intensive Scientific Discovery* (1a ed.). Microsoft Research. <https://www.microsoft.com/en-us/research/publication/fourth-paradigm-data-intensive-scientific-discovery/>
- Lloyd, M. (2016). El sector de la investigación en México: entre privilegios, tensiones y jerarquías. *Revista de La Educación Superior*. ANUIES, 47(185). <https://www.scielo.org.mx/pdf/resu/v47n185/0185-2760-resu-47-185-1.pdf>
- Müller-Birn, C. (2018, noviembre). *Open Science - From our Values to our Research Practice*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1576433>
- Randall, D. y Welsler, C. (2018). *The irreproducibility crisis of modern science: causes, consequences, and the road to reform*. National Association of Scholars. [http://www.sealevel.info/NAS\\_irreproducibilityReport.pdf](http://www.sealevel.info/NAS_irreproducibilityReport.pdf)

Recibido: 20.02.2023 • Aceptado: 11.08.2023

Palabras clave: Cartografía digital, Google Earth Engine, IA, séquia.

# Google Earth Engine, una aplicación inteligente en el análisis geoespacial

CRISTINA NOYOLA MEDRANO

*cristina.noyola@uaslp.mx*

FACULTAD DE INGENIERÍA, UASLP

SAEID HOMAYOUNI

*saeid.homayouni@inrs.ca*

KAREM CHOKMANI

*karem.chokmani@inrs.ca*

CENTRE EAU TERRE ENVIRONNEMENT, INRS. CANADÁ

Cien años atrás, la Universidad Autónoma de San Luis Potosí obtenía su autonomía, y la inteligencia artificial no formaba parte del lenguaje común, como lo es hoy en día. Solo un grupo reducido de visionarios proyectaba una cotidianidad donde gran parte de los procesos estuvieran a cargo de una máquina. En el caso específico del análisis geoespacial, es necesario recurrir a procesos inteligentes para facilitar el almacenaje y tratamiento de una inmensa cantidad de datos, los cuales permiten el acceso al conocimiento del territorio en forma instantánea y eficiente, lo que ayuda a la toma de decisiones para gestionar los recursos naturales, sociales y económicos de una región. En ese sentido, Google Earth Engine (GEE), en los últimos diez años se ha convertido en una herramienta digital de fácil acceso y con una cantidad casi ilimitada de recursos y aplicaciones para explotar enormes cantidades de datos utilizados para detectar cambios, cartografiar tendencias y cuantificar los recursos de la superficie terrestre (Mutanga y Kumar, 2019).

### ¿Cómo entender el término de inteligencia artificial?

La inteligencia artificial (IA) tiene por objeto que las máquinas realicen los mismos procesos que se generan en la mente humana como la percepción, la asociación, la predicción, la planificación

y el control motor (Boden, 2017). Sin embargo, a diferencia de las personas, los dispositivos basados en IA no necesitan descansar y pueden analizar grandes volúmenes de información a la vez. La IA también tiene la capacidad de ofrecer sugerencias y predicciones relacionadas

con diversos asuntos de la vida cotidiana como la salud, la educación, el trabajo y la gestión del territorio (Teigens *et al.*, 2020). Hoy en día, algunos ejemplos de aplicaciones de la IA son Facebook, Google, Siri, Alexa y Amazon, entre otras (figura 1).



Figura 1. Concepto visual sobre inteligencia artificial. Imagen de Gerd Altmann en Pixabay (2023).

# Google Earth Engine



Google Earth Engine (GEE) es una plataforma informática que permite al usuario ejecutar análisis geoespaciales y desarrollo de cartografía a partir de la infraestructura de Google.



En los últimos diez años, GEE se ha convertido en una herramienta digital de fácil acceso y con una cantidad casi ilimitada de recursos y aplicaciones para explotar enormes cantidades de datos utilizados para detectar cambios, cartografiar tendencias y cuantificar los recursos de la superficie terrestre.



La inteligencia de GEE permite realizar cálculos y el procesamiento de datos en la propia nube de computadoras de Google, esto facilita la extracción de información de una gran cantidad de imágenes en tiempos muy cortos. Por ejemplo, en proyectos que podrían tardar 15 años de trabajo para una sola computadora, con GEE se finalizó en cuestión de unos cuantos días.



Gracias a la plataforma de GEE se han logrado cartografiar cultivos, dispersión de vectores de enfermedades como la malaria, análisis sobre aguas superficiales a partir de clasificadores de aprendizaje profundo y efectos causados sobre humedales por el cambio climático.



GEE aún puede perfeccionarse con la ayuda de más recursos informáticos, más conjuntos de datos de código abierto, más algoritmos de procesamiento de imágenes y una mayor contribución de geocientíficos, seguro iremos viendo las mejoras y diversidad de aplicaciones futuras.

Noyola, Homayouni y Chokmany, (2023). *Universitarios Potosinos* 273, pp. 23-28.



## La inteligencia de Google

### Earth Engine

GEE es una plataforma informática que permite al usuario ejecutar análisis geoespaciales y desarrollo de cartografía a partir de la infraestructura de Google. La idea de la creación de GEE surgió en 2008 en Brasil y fue sustentado por científicos brasileños encabezados por Carlos Souza Junior del Instituto del Hombre y Medio Ambiente de la Amazonia (Imazon) y por Gilberto Cámara del Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (INPE), quienes consideraron que, aunque Earth y Maps eran unas aplicaciones geniales, había carencia de nuevas tecnologías de cartografía que soportaran un monitoreo ambiental a gran escala. Por tal razón, aunque se contara con la capacidad técnica y científica para hacerlo,

había limitaciones de recursos computacionales para la gestión y procesamiento de una enorme cantidad de imágenes satelitales que requerían semanas para completar dicho análisis. Esta idea fue comunicada a la doctora Rebecca Moore directora de Google Earth Solidario y a partir de ese momento se intensificó la colaboración entre el grupo de investigadores brasileños y el equipo de Google. Así fue como, en 2009, Google e Imazon dan a conocer el primer prototipo de GEE durante la Convención del Clima de Copenhague, la COP 15 (Vasconcelos, 2015).

Actualmente, esta plataforma está compuesta por cuatro elementos principales: 1) la infraestructura de Google, la cual pone a disposición del usuario sus servidores para realizar análisis en paralelo,

lo que agiliza la velocidad de procesamiento, en comparación con una computadora individual; 2) el acervo de datos (datasets), que contiene series completas de imágenes satelitales como Landsat, Sentinel y MODIS, entre otras. Estas bases de datos se actualizan conforme se adquieren nuevas imágenes (más de cuatro mil nuevas escenas diarias); 3) su interfaz de programación (API, por sus siglas en inglés), que consiste en una serie de comandos y funciones preestablecidas, desarrollados en lenguaje JAVA o Python, lo que permite desarrollar nuevos algoritmos; 4) editor de código (Code Editor), el cual es un entorno de desarrollo integrado en línea. Aquí es donde el usuario puede escribir y ejecutar scripts desde la red mundial de información o WEB (Perilla y Mass, 2020) (figura 2).



Figura 2. Arquitectura de Google Earth Engine

La inteligencia de GEE se puede constatar en el hecho de que permite realizar cálculos y el procesamiento de datos en la propia nube de computadoras de Google, lo que facilita la extracción de información de una

gran cantidad de imágenes en tiempos muy cortos. Esta tendencia se acelera aún más a medida que el mundo se vuelve más móvil y que los sistemas aéreos no tripulados y las imágenes satelitales se adquieren

con mayor frecuencia y resolución. Junto con el aumento exponencial de los macrodatos geoespaciales, también crece rápidamente la necesidad de almacenaje, gestión y procesamiento de cómputo a partir



de una nube que permite alto rendimiento para modelar, analizar y simular contenidos geoespaciales (Yang *et al.*, 2022).

Un ejemplo del funcionamiento de la IA aplicada en GEE es la generación del mapa global de bosques del mundo con

una resolución de 30 metros (figura 3), llevada a cabo por el equipo de trabajo del profesor Matthew Hansen, de la Universidad de Maryland, quien dispuso para esta tarea 10000 computadoras de Google trabajando en paralelo, en total un millón de horas de procesamiento.

Este trabajo computacional se tradujo en el análisis de 700 mil imágenes Landsat, lo equivalente a 20 billones de píxeles. Este proyecto habría tomado 15 años de trabajo para una sola computadora y con GEE se finalizó en cuestión de unos cuantos días (Vasconcelos, 2015).

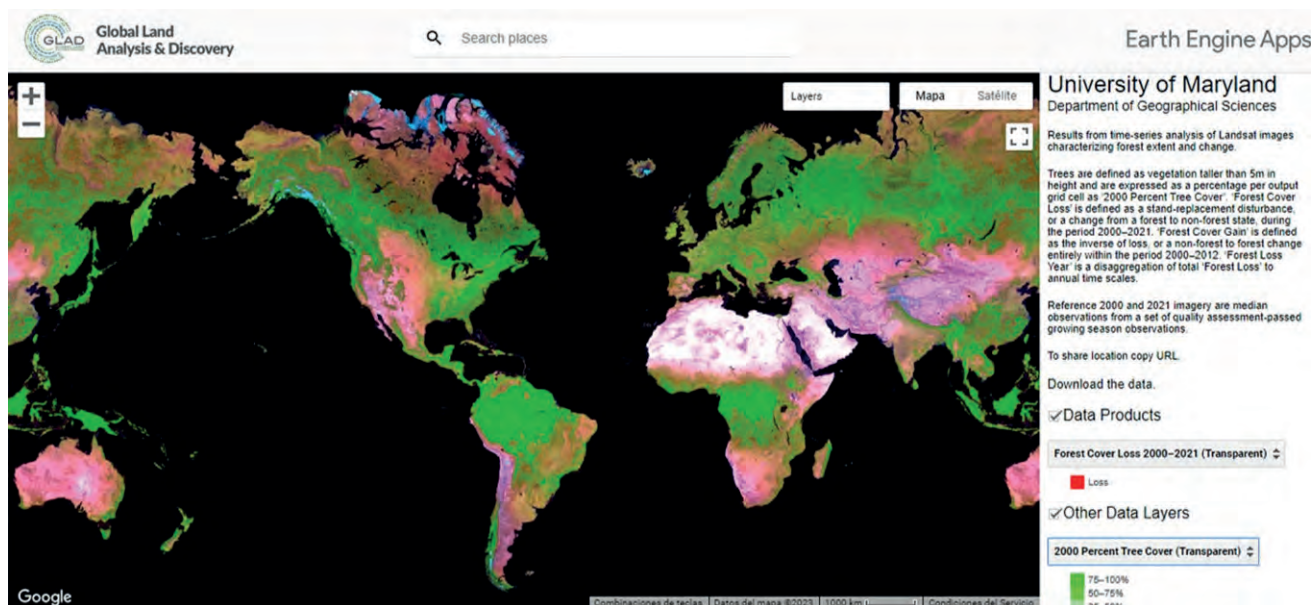


Figura 3. Mapa de los Bosques del Mundo, un ejemplo de la capacidad e IA aplicada en GEE. Tomada de Hansen *et al.*, 2013; <https://glad.earthengine.app/view/global-forest-change#dl=5;old=1;bl=1;lon=-61.386718749999986;lat=22.622923965290227;zoom=2;>

Hoy en día existen diversos temas que han logrado ser cartografiados a través de la plataforma de GEE como los trabajos de: cartografía de cultivos, dispersión de vectores de enfermedades como la malaria, análisis sobre aguas superficiales a partir de clasificadores de aprendizaje profundo y efectos causados sobre humedales por el cambio climático (Shelestov *et al.*, 2017; Amani *et al.*, 2019; Frake *et al.*, 2020; Mayer *et al.*, 2021)

### GEE aplicado al análisis de sequía en la parte central de México

A partir de diciembre del 2021, la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP) y el Centre Eau Terre Environnement del Institut National de la Recherche Scientifique (INRS) con sede en Quebec, Canadá,

comenzaron una colaboración para el análisis de la evolución de la sequía en la parte central de México a partir del uso de inteligencia artificial. Este proyecto tuvo sus inicios en el año 2017, el cual fue trabajado como el análisis de la expansión del desierto de Chihuahua hacia su borde sur a partir del procesamiento de imágenes de satélite Landsat (Noyola-Medrano y Martínez-Sías, 2017). Parte del planteamiento de este proyecto generado en la UASLP fue retomado bajo el enfoque del uso de la IA para utilizar más variables y datos que permitieran definir con mayor exactitud la problemática de la sequía observada en el borde sur del desierto de Chihuahua, pero ahora sobre toda la parte central de México, de este modo no solo el periodo de tiempo

analizado sino también la extensión. Así es como, en diciembre del 2021, bajo la XVIII Convocatoria del Grupo de Trabajo México-Quebec, fue aprobado el proyecto “Teledetección e inteligencia artificial para la desertificación en México” y actualmente está en desarrollo para finalizarse en diciembre del 2023.

Para el desarrollo de este proyecto se comenzaron a utilizar las bases de datos y las herramientas generadas en GEE. Las experiencias con la plataforma GEE han sido satisfactorias porque ha facilitado la observación y seguimiento del avance de la sequía en la parte central de México durante los últimos 20 años; además de que se ha generado cartografía del nivel de sequía en periodos mensual y anual,

lo que permite establecer un análisis de cambio en el tiempo. Los resultados arrojados hasta el momento indican que, en los últimos cinco años, los niveles más severos de sequía afectan al tres por ciento de la superficie total analizada (277,560 km<sup>2</sup>) y que el aumento en sequía afectó al

17 por ciento del área estudiada. También con GEE se ha podido dar un seguimiento global de la sequía mediante series de tiempo a los diferentes factores que han sido considerados para el análisis de sequía, como la precipitación (figura 4). Dicho análisis pudo ser generado a par-

tir de los datos de precipitación infrarroja del grupo de peligros climáticos (CHIRPS, por sus siglas en inglés), generados por la NASA, NOAA y el Servicio Geológico Nacional de los Estados Unidos de América (USGS) y disponibles libremente en la plataforma GEE.

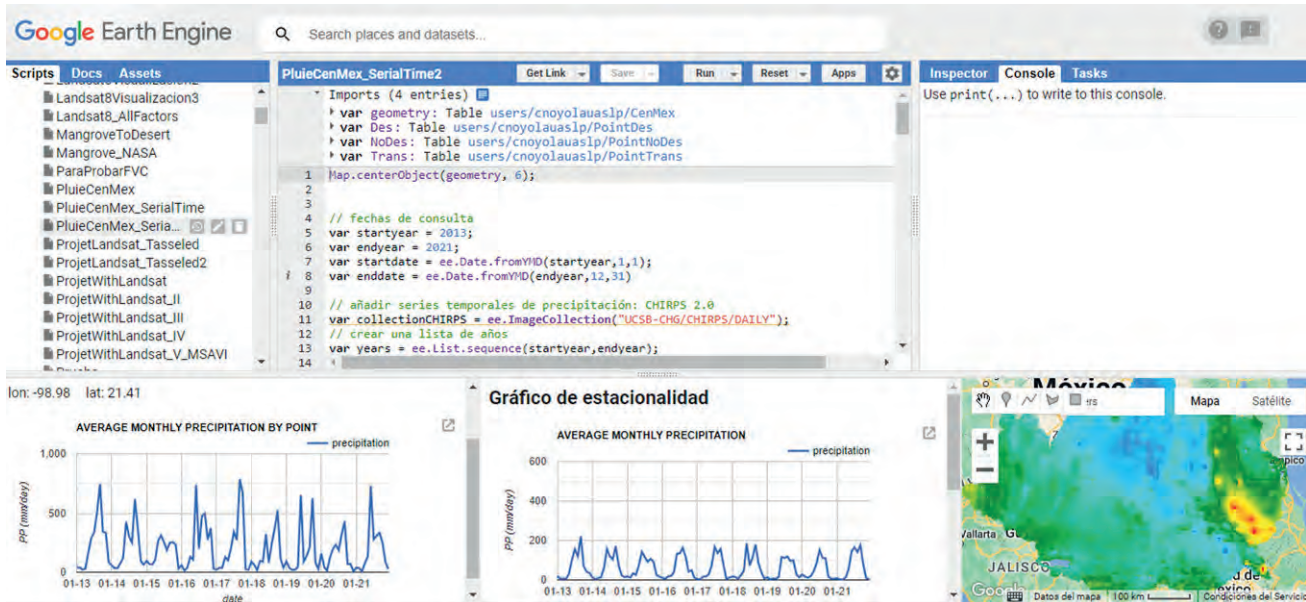


Figura 4. Serie de tiempo analizada para la precipitación en la parte central de México abarcando del año 2013 al 2021. En este periodo se observa una ligera disminución en la cantidad de precipitación a nivel general y puntual. Datos tomados de CHIRPS.

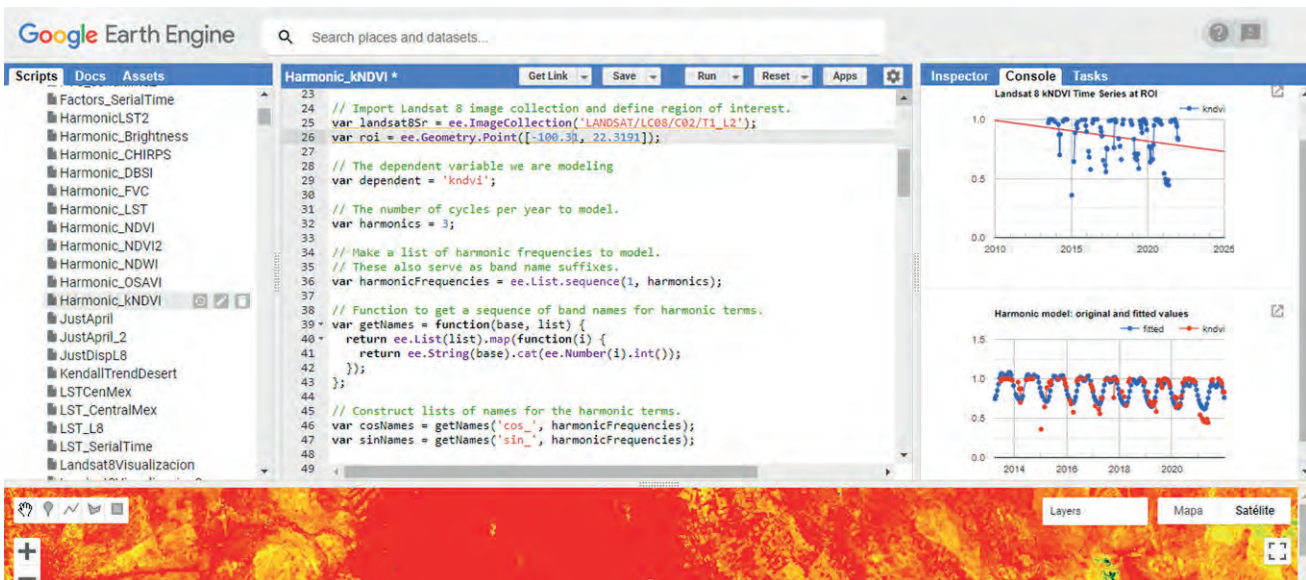


Figura 5. Análisis de la tendencia del índice kNDVI (sobre el estado de la vegetación) en el tiempo; observándose disminución en los valores de kNDVI, lo que indica degradación en la vegetación.



## CRISTINA NOYOLA MEDRANO


Estudió el doctorado en Geomorfología y Gestión de Litorales en la Universidad de París Diderot, en Francia. Es profesora de tiempo completo en el Área de Ciencias de la Tierra de la Facultad de Ingeniería de la UASLP y actualmente trabaja en el proyecto "Teledetección e inteligencia artificial para la desertificación en México", financiado por el gobierno de Québec dentro de la convocatoria Grupo de Trabajo México.

De igual manera, podemos apreciar el comportamiento de la lozanía de la vegetación en el tiempo a partir del análisis de los valores arrojados por el Kernel del Índice Normalizado de Diferencia de Vegetación (kNDVI, por sus siglas en inglés), en donde se observa que hay una tendencia general y puntual a disminuir los valores de kNDVI, indicando que la vegetación muestra características de pérdida de verdor y humedad en el tiempo (figura 5). Cabe mencionar que los índices como kNDVI, suponen una estructura en programación un poco más compleja que los índices de vegetación más tradicionales. Sin embargo, con GEE el desarrollo y la puesta en marcha de un análisis tipo kernel fue relativamente sencillo y el resultado arrojado fue satisfactorio con respecto a lo que se había observado directamente en el terreno. Por tal motivo, la visión obtenida a partir del proyecto de análisis de sequía, permite establecer que es importante la inclusión del uso del GEE en cursos ofrecidos por la UASLP para cubrir las temáticas de cartografía de algunos de sus programas educativos como geoinformática, geografía, geología y ciencias ambientales.

### ¿Qué se espera en el futuro de la cartografía? Un antes y un después de GEE

El uso y utilidad de GEE queda ampliamente expresada a través de la frase del doctor Andrew Steer (GEE, 2022) presidente y director ejecutivo del Global Forest Watch, quien afirmó que:

Google Earth Engine ha hecho posible por primera vez en la historia procesar con rapidez y precisión grandes cantidades de imágenes satelitales, identificando dónde y cuándo se ha producido un cambio en la cubierta de árboles en alta resolución. Global Forest Watch no existiría sin él. Para aquellos que se preocupan por el futuro del planeta, ¡Google Earth Engine es una gran bendición!

Este pensamiento engloba la gran capacidad de cartografía y análisis cualitativo y cuantitativo que puede ser generado a partir de GEE. Sin embargo, se necesitan mejoras significativas en la tecnología de apoyo. La adición de más recursos informáticos, más conjuntos de datos de código abierto, más algoritmos de procesamiento de imágenes y una mayor contribución de geocientíficos para permitir que GEE se convierta en una herramienta eficaz que combine la vigilancia, la modelización, el análisis, la evaluación, la toma de decisión y la gestión para resolver problemas en temáticas medioambientales, económicas y climáticas a escala globales. 

#### Referencias bibliográficas:

- Amani, M., Mahdavi, S., Afshar, M., Brisco, B., Huang, W., Mohammad Javad Mirzadeh, S., White, L., Banks, S., Montgomery, J., & Hopkinson, C. (2019). Canadian wetland inventory using Google Earth Engine: The first map and preliminary results. *Remote Sensing*, 11(7), 842, <https://doi.org/10.3390/rs11070842>
- Boden, M. A. (2017). Inteligencia artificial. Turner.
- Frake, A. N., Peter, B. G., Walker, E. D. y Messina, J. P. (2020). Leveraging big data for public health: Mapping malaria vector suitability in Malawi with Google Earth Engine. *PLoS One*, 15(8), e0235697, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0235697>
- GEE. (2022). Case Studies: Global Forest Watch. Revisado [10/12/2022] desde el sitio web: [https://earthengine.google.com/case\\_studies/](https://earthengine.google.com/case_studies/)
- Hansen, M. C., Potapov, P. V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S. A., Tyukavina, A., Thau, D., Goetz, S. J., Loveland, T. R., Kommareddy, A., Egorov, A., Chini, L., Justice, C. O. y Townshend, J. (2013). High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. *Science*, 342(6160), 850-853, <http://doi.org/10.1126/science.1244693>
- Mayer, T., Poortinga, A., Bhandari, B., Nicolau, A. P., Markert, K., Thwal, N. S., Market A., Haag, A., Kilbride, J., Farrukh, C., Wadwa A., Clinton, N. y Saah, D. (2021). Deep learning approach for Sentinel-1 surface water mapping leveraging Google Earth Engine. *ISPRS Open Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 2, 100005, <https://doi.org/10.1016/j.ojphoto.2021.100005>
- Mutanga, O. y Kumar, L. (2019). Google earth engine applications. *Remote Sensing*, 11(5), 591, <https://doi.org/10.3390/rs11050591>
- Noyola-Medrano, C. y Martínez-Sías, V. A. (2017). Assessing the progress of desertification of the southern edge of Chihuahuan Desert: A case study of San Luis Potosí Plateau. *Journal of Geographical Sciences*, 27(4), 420-438, <https://doi.org/10.1007/s11442-017-1385-5>
- Shelestov, A., Lavreniuk, M., Kussul, N., Novikov, A., & Skakun, S. (2017). Exploring Google Earth Engine platform for big data processing: Classification of multi-temporal satellite imagery for crop mapping. *Frontiers in Earth Science*, 17, <https://doi.org/10.3389/feart.2017.00017>
- Yang, L., Driscoll, J., Sarigai, S., Wu, Q., Chen, H. y Lippitt, C. D. (2022). Google earth engine and artificial intelligence (ai): a comprehensive review. *Remote Sensing*, 14(14), 3253, <https://doi.org/10.3390/rs14143253>

Recibido: 04.02.2023 • Aceptado: 08.08.2023

Palabras clave: Ingeniería biomédica, manufactura aditiva, quemaduras.

# Férulas en Impresión 3D para pacientes pediátricos quemados

LUIS CARLOS ORTIZ DOSAL

*carlos.ortiz@alumnos.uaslp.edu.mx*

MAESTRÍA EN CIENCIA E INGENIERÍA DE LOS MATERIALES, UAZ

ISMAEL AGUILAR ORTEGA

ELEAZAR SAMUEL KOLOSOVAS MACHUCA

*samuel.kolosovas@uaslp.mx*

INSTITUTO DE FÍSICA, UASLP



Una quemadura es una lesión en la piel u otros órganos causada por una fuente de energía térmica, eléctrica, química, mecánica o radioactiva. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) (2018), al año se producen alrededor de 180 mil muertes por esta causa. Las quemaduras no fatales son una de las principales causas de morbilidad, pues pueden llegar a una hospitalización prolongada, desfiguración y discapacidad, lo que suele generar problemas como la estigmatización y el rechazo social. De acuerdo con datos de la Secretaría de Salud (2021), cada año cerca de 13 mil personas sufren quemaduras; entre el cinco y el ocho por ciento son población infantil y es la quinta causa más común de lesiones no fatales durante la infancia. El 90 por ciento de los casos de quemaduras en infantes son por escaldaduras, es decir, causadas por líquidos calientes como el agua, aceite y alimentos preparados. El resto son ocasionadas por fuego directo, descargas eléctricas o por contacto con productos químicos. Las quemaduras en mayores de 10 años más comunes son por escaldadura y fuego directo. Las zonas más afectadas sin tomar en cuenta la edad son la cara, las manos y los antebrazos.

El tratamiento para dichos casos consiste en retirar la piel dañada con cuchillas especiales para llegar al tejido sano y realizar un injerto de piel; un factor que permite una adecuada curación es suspender la movilidad de la parte afectada mediante el uso de férulas, las cuales son dispositivos (rígidos o flexibles) utilizados para inmovilizar y posicionar áreas lesionadas. Actualmente existe una colaboración entre la Maestría en Ciencia e Ingeniería de los Materiales de la Universidad Autónoma de Zacatecas, la Coordinación para la Innovación y Aplicación de la Ciencia y la Tecnología (CIACyT) de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí y el Hospital Central Dr. Ignacio Morones Prieto, para la fabricación de férulas personalizadas para pacientes pediátricos quemados, mediante manufactura aditiva, también conocida como impresión 3D. La tecnología actual de fabricación de férulas no permite obtener con rapidez una férula personalizada además de sus costos altos, por lo que se plantea la impresión 3D como una alternativa para solventar estas dificultades.

El funcionamiento de las férulas fabricadas en este proyecto consiste en inmovilizar la mano e impedir que pueda cerrarse, ya que este movimiento interfiere con la

cicatrización y al ser heridas dolorosas, de forma instintiva el paciente tiende a cerrar, tocarse y mover la mano buscando una posición antiálgica (una posición que adopta un paciente para evitar el dolor), situación que es más difícil de controlar especialmente en pacientes de edad temprana. La cicatrización retráctil supondría limitación funcional, esto derivaría en un tratamiento quirúrgico y extendería el tiempo de recuperación.

#### **Materiales y fabricación de férulas**

Para el proceso de fabricación, los médicos miden las manos del paciente para que la férula se ajuste de manera correcta. Una vez que se obtienen las medidas se realiza un modelo diseñado por computadora (CAD); posteriormente, se fabrica la pieza utilizando una impresora 3D. Esta tecnología se fundamenta en el principio de manufactura por capas, en el que los materiales se depositan una capa a la vez. Existen diferentes tecnologías para llevarla a cabo, la más antigua y extensamente estudiada es la estereolitografía, en dicha técnica se cura un fotopolímero líquido con un haz de luz ultravioleta (UV). Es un método de impresión muy preciso y puede ser utilizado para una amplia gama de materiales.

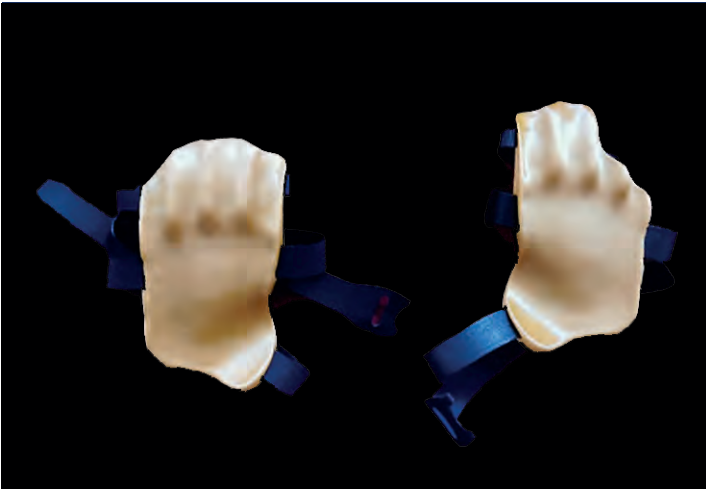


Figura 1.  
Férulas impresas



Figura 2.  
Modelo computarizado de las férulas

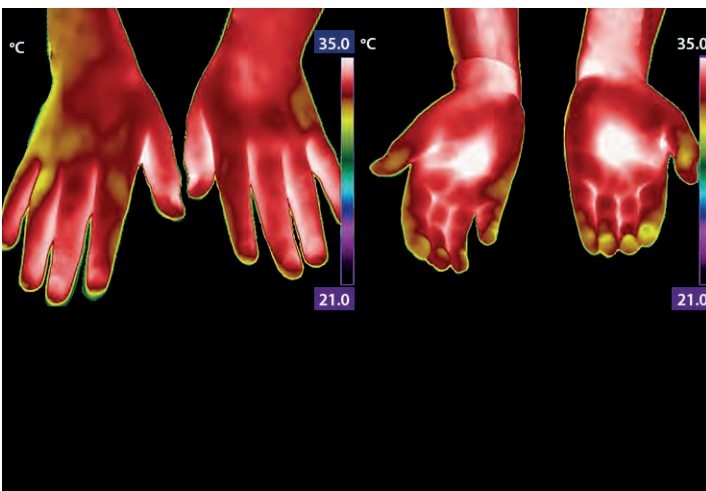


Figura 3.  
Termografía infrarroja de manos de un paciente

Otra tecnología es la PolyJet. Los modelos fabricados mediante esta tecnología están hechos de un fotopolímero curado con luz UV, además de que es posible utilizar hasta seis materiales. Su amplia gama de materiales y su alta calidad en la producción de superficies son las principales ventajas del uso de PolyJet; es adecuada para fabricar pequeños modelos con un alto grado de detalle. El espesor típico de una capa individual es de 16 a 30 micrómetros ( $\mu\text{m}$ ). Un cabezal de impresión de una impresora PolyJet tiene 96 boquillas y es mucho más rápida que la tecnología de filamento fundido difuso. Aunque una desventaja de las impresoras PolyJet es la baja resistencia térmica de los materiales (entre 60 y 90 °C). Cabe señalar que durante la producción del prototipo se crea una estructura de soporte del material hecha a base de un gel, el cual debe removerse de forma mecánica utilizando agua a presión.

En el caso de las férulas fabricadas en este proyecto se utiliza la tecnología de fabricación por filamento fundido (FFF). Este método se basa en la aplicación de capas delgadas de polímeros termoplásticos, los cuales se encuentran en principio almacenados en forma de filamentos sólidos. Este material se funde al pasar por una boquilla, ésta se mueve en el plano X-Y por encima de la mesa de trabajo y crea el perfil de una capa (este perfil es generado por computadora). La estructura de la misma puede rellenarse total, parcialmente o sólo formar un contorno superficial. Después de que se imprime una capa, la mesa de trabajo se mueve un step predefinido en el eje Z. Durante la impresión de cada capa también se construye la estructura de soporte, que es mecánica o químicamente eliminada después de la impresión. El espesor de una sola capa es de décimas de milímetro. En la figura 1 se muestra el modelo impreso de las férulas y en la figura 2 se muestra el diseño de las férulas por computadora.

El material utilizado como filamento para la fabricación de las férulas es el ácido poliláctico (PLA), un polímero de origen biológico que se obtiene a partir de almidón de maíz, yuca o caña de azúcar, así que es biodegradable bajo condiciones de composta industrial. Es un termoplástico, es decir, se funde cuando se le aplica una cierta cantidad de calor, por eso puede ser utilizado como filamento en una impresora 3D y sus propiedades mecánicas



Realizó el Doctorado Institucional en Ingeniería y Ciencia de Materiales (DICIM) de la UASLP y en la actualidad es profesor investigador en la Maestría en Ciencia e Ingeniería de los Materiales en la Universidad Autónoma de Zacatecas, en donde trabaja en el proyecto "Detección de proteínas mediante espectroscopia vibracional".

son similares a otro termoplástico más ampliamente utilizado, como el tereftalato de polietileno (PET). Además, es biocompatible, es decir, no tiene un efecto adverso en el organismo de las personas. Debido a estas características mecánicas fue seleccionado el PLA.

### Evaluación para el proceso de curación

Para evaluar el proceso de curación, se debe examinar la diferencia de temperatura entre la herida y el tejido circundante, lo que se conoce como asimetría de temperaturas. Este parámetro está relacionado con el flujo sanguíneo y el suministro de sangre a la herida; mientras menor sea la diferencia de temperaturas, significa que el tejido está sanando. Para medir dicho parámetro se utiliza una técnica llamada termografía infrarroja, la cual consiste en tomar una imagen con una cámara especial que detecta el calor en forma de radiación infrarroja, una región de menor energía que la luz visible en el espectro electromagnético. Cualquier superficie cuya temperatura se encuentre por encima del cero absoluto (-273.15 °C o 0 K) emitirá radiación infrarroja. Esta técnica se ha usado con anterioridad por el grupo de trabajo en la evaluación de quemaduras y heridas. La figura 3 muestra una imagen termográfica de una mano.

Se han reportado otros usos de la impresión 3D en aplicaciones de ingeniería biomédica, tales como prótesis de dedos y manos, así como impresión de orejas y narices para personas que las han perdido en accidentes e incluso impresión de estructuras similares a vasos sanguíneos e implantes de hueso utilizando la llamada bioimpresión 3D. En ella se utilizan biotintas para imprimir células vivas con las que se desarrollan estructuras capa por capa que imitan el comportamiento y las estructuras de los tejidos naturales. Los biotintas que se utilizan como material en la bioimpresión están hechas de biomateriales naturales o sintéticos que pueden mezclarse con células vivas. La característica principal

de los biomateriales es la biocompatibilidad, que es la propiedad de ciertos materiales para realizar una función deseada con respecto a una terapia médica, sin infligir un daño o un efecto sistémico indeseable en el receptor o beneficiario de dicha terapia.

En este proyecto con la colaboración entre la Universidad Autónoma de Zacatecas, la Universidad Autónoma de San Luis Potosí y el Hospital Central Dr. Ignacio Morones Prieto, se fabricaron férulas mediante impresión 3D de ácido poliláctico con el proceso de fabricación por filamento fundido para el tratamiento de pacientes pediátricos que sufrieron quemaduras u otro tipo de heridas en las manos; se evaluó el progreso en la curación de las heridas y se determinó que contribuyen a un menor tiempo de recuperación por lo que se considera que el proyecto es exitoso y tiene un resultado positivo en la vida de los pacientes. **UP**

### Agradecimientos

Los autores quieren agradecer el apoyo del Dr. Mario Aurelio Martínez Jiménez, jefe de paraclínicos del Hospital Central Dr. Ignacio Morones Prieto y profesor de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí por su apoyo para la evaluación clínica de este proyecto. También agradecemos a los valientes niños que participan en el proyecto.

### Referencias bibliográficas:

- Organización Mundial de la Salud (2018). Quemaduras. Recuperado de: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/burns>
- Secretaría de Salud. (2021). 170. Cuenta México con centro de alta especialidad para atender quemaduras graves. Recuperado de: <https://www.gob.mx/salud/prensa/170-cuenta-mexico-con-centro-de-alta-especialidad-para-atender-quemaduras-graves>

**DANIEL ULISES CAMPOS DELGADO**  
*duc@ciencias.uaslp.mx*  
FACULTAD DE CIENCIAS, UASLP  
**GERARDO JAVIER VILET ESPINOZA**  
PROFESOR JUBILADO, UASLP



# La disrupción de los asistentes virtuales por medio de **IA**



En la actualidad todos nos hemos impresionado con la capacidad de ChatGPT de generar respuestas rápidas, coherentes y ordenadas, así como de establecer una conversación de forma progresiva. Si bien ChatGPT es la plataforma más popular (<https://chat.openai.com/>), desarrollada por la empresa Open AI en EUA, existen en el mercado otras opciones bajo el mismo principio de operación, como Bard de Google (<https://bard.google.com/>) o HuggingChat de Hugging Face (<https://huggingface.co/chat/>). Cabe mencionar que todas ellas requieren generar primero una cuenta de acceso y permiten una interacción en español con el usuario. En general, estas plataformas reconocen al ingresar sus limitaciones, por ejemplo, la aplicación Web de ChatGPT en un aviso aclara que "ChatGPT puede generar información imprecisa acerca de personas, lugares o hechos"; al ingresar a Bard, en la parte inferior de la pantalla de diálogo se menciona "Bard puede mostrar información ofensiva o imprecisa que no representa la opinión de Google"; en HuggingChat se reconoce esta limitante con la siguiente anotación "El contenido generado puede ser impreciso o falso". Sin embargo, estas fuertes limitaciones sopesan sus posibles aplicaciones 1) generar un primer borrador de un documento (por ejemplo una carta de felicitación por una promoción, una invitación a un cumpleaños, un contrato de compraventa de un vehículo, entre otros), 2) traducir un texto entre diversos idiomas, 3) realizar el resumen de un texto y revisar su consistencia gramatical, 4) sugerir actividades turísticas para un fin de semana, 5) proponer el código de programación para una tarea en particular, entre otros. Por estas aplicaciones tan diversas es que ChatGPT, Bard y HuggingChat pueden pensarse como asistentes o colaboradores virtuales, por tal razón, sus respuestas deben evaluarse con cautela y detalle, es decir, la responsabilidad de colocar esta información en un documento o seguir una sugerencia es completamente nuestra.

Pero, sin duda, al analizar las respuestas de estos asistentes virtuales, surge un sinnúmero de preguntas: ¿cómo aprendieron técnicas de redacción y a resumir textos?, ¿cómo aprendieron geografía o historia? ¿cómo aprendieron la estructura gramatical del chino, ruso o alemán? Es decir, ¿la tecnología actual de la inteligencia artificial es capaz de aprender como lo hacen los seres humanos y enseguida generalizar? La respuesta en este momento es no, quizás en algunos años será posible, pero por el momento, estos asistentes basan su éxito en modelos de inteligencia artificial (IA) entrenados con millones y millones de textos que se encuentran en internet. Aunque las respuestas de los asistentes virtuales tampoco son una recopilación de citas de textos, más bien, tienden a construir estructuras de texto nuevas con base en el proceso de aprendizaje previo.

Obviamente al ser una tecnología nueva, todavía hay puntos de mejora, donde lo más graves están asociados con el sesgo ético y estereotipos. Si una persona se ha desarrollado en un ambiente controlado y con estándares morales y éticos consistentes, al crecer se espera que mantenga estos principios. Ahora, imaginemos que el maestro de estos asistentes virtuales es todo el conocimiento del vasto internet, es decir, información sumamente variada y heterogénea. Por ello las respuestas de los asistentes deben evaluarse cuidadosamente y no tomarse como una verdad absoluta. Otro aspecto relevante son

las "alucinaciones" en un texto, ya que en ocasiones, las respuestas de los asistentes pueden describir eventos completamente falsos; como ejemplo, al preguntar acerca de la biografía de una persona, ciertos sucesos descritos o hechos pueden ser de otra.

Ahora, considerando todo este contexto acerca de los asistentes virtuales, es muy válido preguntarnos ¿esta tecnología debería permitirse en un ambiente educativo? Muchas voces están completamente en contra y otras a favor. Aquí son interesantes algunas comparaciones, ¿debería permitirse el uso de la calculadora en los últimos niveles de la primaria? Al generar un reporte de un proyecto en la secundaria, ¿debe permitirse el uso del corrector de ortografía del procesador de texto? En la preparatoria, ¿se puede utilizar una calculadora científica para extraer las raíces un polinomio? Creo que las respuestas son intuitivas y obvias, deben seguirse enseñando conceptos elementales de aritmética y álgebra, gramática y redacción, entre otros, desde nuestra formación académica, lo cual nos permitirá detectar errores en caso de utilizar herramientas tecnológicas. Además, debemos responsabilizarnos de que estas herramientas o asistentes no sustituyan nuestro criterio, ni generar una falsa comodidad con su uso, y entender que están para ayudarnos en ciertas tareas rutinarias, pero no para sustituirnos.

La revista *CIO* (<https://cio.com.mx/>), especializada en temas tecnológicos, publicó el 21 de agosto de este año un artículo en el que hace comentarios sobre "Las 4 tecnologías más sobrevaloradas en TI" y menciona, en primer lugar, precisamente a los asistentes virtuales por IA y comenta sobre ellos que a veces es más "fácil ser demasiado optimista sobre lo que sucederá este año y, al mismo tiempo, subestimar lo que sucederá en tres o cinco años". Por lo que la propuesta para la comunidad universitaria es leer más, capacitarse y experimentar en el uso de estas aplicaciones, así como vigilar la evolución de su desarrollo y reflexionar muy bien sobre las mejores prácticas para promover su uso en los procesos institucionales, particularmente en el aprendizaje. Además, se propone mantener un foco rojo encendido sobre aquellos aspectos en que los asistentes virtuales han demostrado que pueden tener un efecto perjudicial, como la falta de buena costumbre al citar las fuentes, o la dependencia tecnológica al desarrollar un ejercicio de construcción de un documento, inhibiendo la capacidad del cerebro para pensar en forma lógica y organizada. **UP**



PROTAGONISTA DE LA MERCADOTECNIA

# JOSÉ MIGUEL DEL RÍO CONTRERAS

ALEJANDRA CARLOS PACHECO



“Antes no había tanta información de las carreras como ahora, hace 20 años era difícil saber qué querías estudiar, pues en una edad tan complicada no sabes bien lo que quieres y para mí es importante que uno se pregunte para qué eres bueno, qué es lo que te gusta y qué va a pagarte por todo eso, por ello estudié la Licenciatura en Administración en la Facultad de Contaduría y Administración (FCA) de la UASLP”.

Miguel del Río es uno de los catedráticos e investigadores más queridos no sólo en su facultad sino en esta Universidad, su pasión por los temas de administración de empresas, mercadotecnia y negocios hacen que quienes lo escuchan, se sientan motivados a seguir preparándose para el mundo laboral.

Desde joven tuvo claro que estudiaría administración y casi al culminar sus estudios universitarios, se fue al Texas A&M International University, este paso le ayudó a saber qué quería para su futuro, pues una vez que sales al extranjero, tu mirada y metas son otras, esto en opinión de nuestro protagonista, “allá estudié Comportamiento del Consumidor y Finanzas, eran áreas que me llamaban mucho la atención; además, la administración es muy amplia, tienes que especializarte cada vez más”.

“Me gustó mucho desarrollarme profesionalmente en inglés y en otra cultura, un día desperté y me dije: ¿por qué no me voy más lejos? Me llevó casi 10 años decidirme, en ese entonces no había las becas que existen hoy, busqué en diferentes países y mi interés principal era una maestría totalmente en inglés y quería seguir desarrollándome en áreas empresariales, entonces acabé en Japón”.

Gracias a sus estudios y compromiso recibió una beca para la Maestría en Negocios Electrónicos en la International University Japan. Japón es uno de los países con mayor similitud con México en cuanto a nivel empresarial, pues hay más pequeñas y medianas empresas (Pymes) con negocios que son más artesanales. Estar allí significó grandes aprendizajes tanto profesionales como personales, pues aunque dominaba el idioma, aprendió a ser muy ordenado, a planear, conoció las filosofías de calidad. Para subsistir en el país trabajaba en una empresa grande, daba clases, hacía comida y la vendía. Posteriormente, regresó a México y comenzó a dar clases en el Posgrado de FCA de la UASLP, un año después impartía también clases en la Licenciatura en Administración.

Cinco años después, su ambición fue más grande, ya que si había aprendido inglés y japonés, quería un doctorado que fuera totalmente en inglés, y el Doctorado en Administración de Empresas en el Newcastle University y Grenoble Ecole de Management, en Reino Unido, era de doble titulación entre Inglaterra y Francia, “es de las cosas más difíciles que he hecho en mi vida, incluso el tema de tesis tuve que presentarlo en dos escuelas diferentes. Esto me quitó el miedo a muchas cosas, de esas veces que piensas que no es humanamente posible y te ayuda a enfrentar esos retos”.

“En lo personal el doctorado me ayudó a convertirme en una persona totalmente diferente, en los de administración te enseñan ser buenísimo en la eficiencia, en la investigación, eso me dejó querer saber más y tener la posibilidad de compartir con mis alumnos que hay formas más fáciles de hacer las cosas, que hay ciencia detrás de todo eso y que no es rutinario, creo que es algo muy motivante”.

Después cursó la especialidad en Protocolo Empresarial en el Colegio de Imagen Pública, esto lo ayudó en la creación de la Licenciatura en Mercadotecnia en FCA de la UASLP y al integrar las áreas de protocolo e imagen personal en las asignaturas, “porque las y los estudiantes salen más balanceados no sólo en los aspectos comerciales, de venta o en diseño, entendiendo cuál debe ser esa disciplina en la protección de ese posicionamiento, de esa reputación, esto es algo que le cuesta mucho a otras profesiones entender”.

“Amo la investigación y la cátedra. Si no diera clases no sería tan feliz, me gusta muchísimo compartir, al final no sólo das una clase o explicas un ejercicio, sino que compartes todo de ti y tienes que balancear la parte de comunicar para motivar”.

“Para los chicos nacidos en este siglo la multiculturalidad es algo más sencillo, saben rápidamente cómo adaptarse a contextos sociales y culturales, para muchos de nosotros fue un sacrificio dejar el país, a seres queridos, incluso el trabajo, ahora ya no necesitas estar físicamente en otro lugar, hay muchas más oportunidades. La digitalización te ayuda a crecer personal y profesionalmente y eso le da un valor agregado al momento que compites por un puesto”.

A veces tenemos el paradigma equivocado de que el alumno es quién aprende del maestro, como maestro tú también aprendes del estudiante, hay muchísimas que son de provecho, por ejemplo aprendes trabajo en equipo, a valorar siempre y todos los días tu vocación y ves a jóvenes que se motivan, que trabajan y se enamoran más o tanto como tú de la carrera y esto es un trabajo colaborativo, sinérgico, con muchísima energía, por eso los docentes aprendemos mucho de los alumnos”. **UP**

## APUNTES

■ Le gusta mucho el cine.



■ Le encanta leer, sobre todo la evolución de varios autores y novelas de ciencia ficción.



■ Ama ver la tele, series y documentales.



■ Quisiera visitar la Huasteca a fondo.





Actualmente, en Holanda, el inventor y fundador de Loop Biotech, Bob Hendriks, está fabricando ataúdes biodegradables a partir de micelio (la estructura radicular de los hongos) y fibra de cáñamo en un molde especial. Tras haber investigado sobre la naturaleza, en especial los hongos, descubrió que éstos son los mayores recicladores del planeta, por lo que ideó una manera de crear un ataúd a base de setas. **UP**

Recuperado de: <https://www.jornada.com.mx/notas/2023/06/08/ciencia-y-tecnologia/crean-ataudes-biodegradables-a-partir-de-hongos/>

La docente de la Facultad de Estomatología de la UASLP, Diana María Escobar García, expuso en el proyecto de investigación "El flúor y los efectos en la salud", los riesgos de consumir agua con alto contenido en flúor; además de que afecta a los dientes o huesos, también puede llegar a perjudicar la salud mental, debido a la presencia de inhibidores que provocan depresión o una baja cognosis en los individuos expuestos. **UP**

Recuperado de: <http://wp.uaslp.mx/noticias/academica/el-exceso-de-fluor-en-el-agua-no-solo-afecta-a-los-dientes-sino-tambien-a-la-salud-mental-dra-diana-maria-escobar/>



Investigadores de la UNAM descubrieron una nueva especie de planta que crece en la Sierra Norte de Oaxaca. Esta nueva especie tiene una flor de color rosa pálido con un aroma parecido al de las gardenias. Según los criterios de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, es una especie vulnerable, pues su presencia es de 18 ejemplares en Oaxaca, no puede ser cultivada y solo surge en la naturaleza. Fue llamada *Ruehssia magalloniae* en honor a Susana Magallón Puebla, directora del Instituto de Biología de la UNAM. **UP**

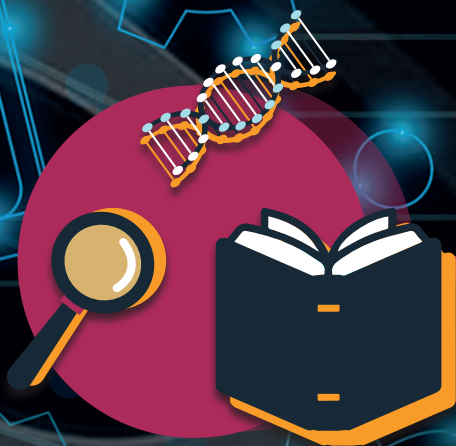
Recuperado de: <https://www.fundacionunam.org.mx/ecopuma/descubren-nueva-especie-de-planta-en-oaxaca-y-la-nombran-en-honor-a-academica-universitaria/>

A finales de julio, se presentó en Polonia el primer programa de radio presentado por IA. El espacio radiofónico consiste en respuestas a preguntas de los oyentes, noticias ligeras y canciones presentadas por la IA llamada Basia. El programa dura una hora y consiste en animación, respuestas a preguntas de los oyentes, la predicción meteorológica, noticias ligeras y canciones elegidas por personal de Radio Piekary. El programa fue descrito como "un experimento divertido para el verano". **UP**

Recuperado de: [https://www.forbes.com.mx/era-radio-inteligente-primer-programa-presentado-ia/?fbclid=IwAR3Nci27yGGkEAYDe1357pNai46P3NZUd0qzw0tq3K6qdXOKiPz3zv\\_cWw](https://www.forbes.com.mx/era-radio-inteligente-primer-programa-presentado-ia/?fbclid=IwAR3Nci27yGGkEAYDe1357pNai46P3NZUd0qzw0tq3K6qdXOKiPz3zv_cWw)



# La divulgación y ciencia en México



## 17 de octubre de 1772

Se creó el primer intento de generar publicaciones de difusión científica en México y América, con la revista de física y medicina *Mercurio Volante*, creada por el médico José Ignacio Bartolache.

## 15 de septiembre de 1864

Se crea la *Gaceta Médica de México*, revista latinoamericana más antigua de las que circulan actualmente.

## 1935

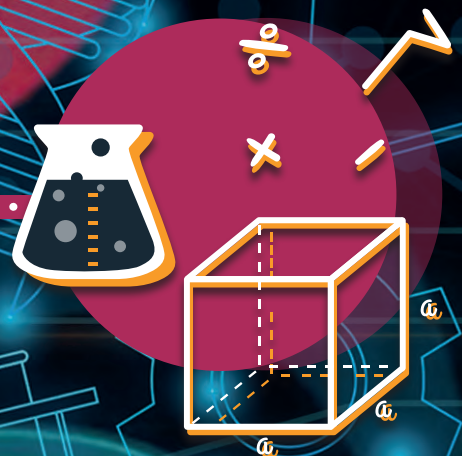
Durante el gobierno del presidente Lázaro Cárdenas se creó el Consejo Nacional de Educación Superior e Investigación Científica (CONESIC), bajo la necesidad de fomentar la relación entre la educación y la ciencia.

## 14 de junio de 1937

Surge la pionera Radio UNAM desde la Universidad Nacional Autónoma de México con el propósito de difundir la cultura.

## 1953

Nace José Gordon, novelista, ensayista, traductor y periodista cultural mexicano. Es uno de los divulgadores científicos más reconocidos en México, obtuvo en 2013 el Premio Nacional de Periodismo en Divulgación Científica y Cultural.



## 17 de abril de 1980

El Programa Experimental de Comunicación de la Ciencia, creada por la Universidad Nacional Autónoma de México en 1977, se le otorgó un carácter institucional permanente, al construirlo como Centro Universitario de Comunicación de la Ciencia (CUCC).

## 26 de julio de 1984

Se crea el Sistema Nacional de Investigadores por Acuerdo Presidencial publicado en el *Diario Oficial de la Federación*, para reconocer la labor de las personas dedicadas a producir conocimiento científico y tecnológico.

## 12 de diciembre de 1986

Alejandra Jáidar, primero graduada de física en México, funda la Sociedad Mexicana para la Divulgación de la Ciencia y la Tecnología (SOMEDICYT) con los objetivos de estimular las actividades de divulgación, propiciar encuentros de divulgadores e impulsar la publicación de revistas de divulgación.

## 30 de noviembre de 1988

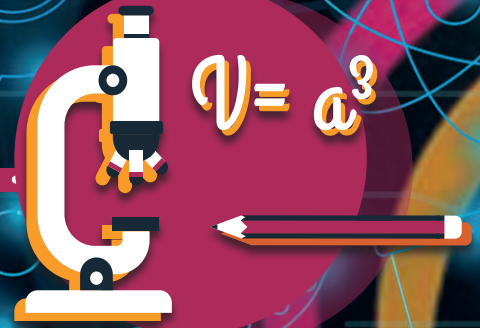
Se construye El Túnel de la Ciencia, ubicado en la estación del metro La Raza, Ciudad de México. Es considerado el primer museo científico-cognoscitivo del mundo.

## 6 de octubre de 1997

La CUCC pasa a ser la Dirección General de Divulgación de la Ciencia (DGDC), desde esta fecha adquiere su denominación y funciones actuales, como dependencia asociada a la Coordinación de la Investigación Científica.

## 4 de septiembre de 2008

Es inaugurado el Museo Laberinto de las Ciencias y las Artes, un referente para los avances de la ciencia, el arte y la tecnología con un espacio interactivo destinado a la divulgación científica para niños, jóvenes y adultos.



## 2010

Se crea la Red de Divulgación de Ciencia, Tecnología e Innovación (Rediciti) con el objetivo de captar, profesionalizar e impulsar las acciones de divulgación científica en San Luis Potosí.

## 2011

El Fondo de Cultura Económica (FCE) instaura el Premio Internacional de Divulgación de la Ciencia Ruy Pérez Tamayo.

## 4 de abril de 2020

El Foro Consultivo Científico y Tecnológico, bajo la dirección de la doctora Julia Tagüeña, crean uno de los primeros sitios de divulgación científica enfocados en la pandemia del COVID-19.

## 2023

Se crea el Sistema Estatal de Investigadores en San Luis Potosí, con el fin de fortalecer y consolidar la política científica estatal. Se registraron 474 (295 hombres y 179 mujeres) científicos de las distintas instituciones educativas y de investigación del estado.

# ¿Quién inventó el algodón de azúcar?

## REDACCIÓN


revuni@uaslp.mx

Los creadores del algodón colorido de azúcar que se deshace en nuestra lengua fueron el odontólogo William Morrison y el empresario John C. Wharton, ambos nacidos en Estados Unidos de América; pero medio siglo antes, en el año 1400 en Italia, reposteros ya calentaban azúcar hasta volverla líquida para obtener un fino hilo de caramelo sólido, con el que decoraban los postres.

En el siglo XVIII, dicha técnica de hilos de azúcar era popular entre los cocineros de Europa y América, pero era una labor complicada, por lo que sólo pocos podían disfrutar del azúcar en esta presentación.

La producción industrial de algodón de azúcar como hoy lo conocemos comenzó con Morrison y Wharton, cuando crearon en 1897 una máquina que producía calor y con la fuerza centrífuga convertía el azúcar, agua y colorante en un conjunto de hebras.

En 1900, bajo el nombre de *Fairy Floss* (seda de hadas en español), Morrison y Wharton presentaron su máquina y el algodón de azúcar por primera vez al público en la Exposición Universal de París, Francia, y más tarde en la Feria Mundial de San Luis, Estados Unidos de América, en 1904, donde se vendía a 25 centavos de dólar.

En 1921, Joseph Lascaux registró la licencia de una nueva máquina de su invención, en la que nombraba a la golosina algodón de azúcar, dejando atrás el nombre de seda de hadas. 

## Fuentes:

Del Campo, M. (2022, 7 de diciembre). Algodón de azúcar: beneficios de comer el dulce que inventó un dentista. *El Sol de La Laguna*. <https://www.elsoldelalaguna.com.mx/doble-via/dia-mundial-del-algodon-de-azucar-conoce-sus-beneficios-9297281.html>  
Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2021, 6 de diciembre). *Día Mundial del Algodón de Azúcar, un dulce al alcance de todos*. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/siap/articulos/dia-mundial-del-algodon-de-azucar-un-dulce-al-alcance-de-todos?idiom=es>



# Antonio del Castillo Patiño

ANGÉLICA CECILIA MORÁN LÓPEZ

[a328434@alumnos.uaslp.mx](mailto:a328434@alumnos.uaslp.mx)

Considerado el fundador de la geología en México, José Antonio del Castillo Patiño nació el 17 de junio de 1820, fue el cuarto hijo del coronel José Antonio del Castillo y María Marcelina Patiño.

Michoacán fue su lugar de nacimiento, pero a los doce años fue enviado a la Ciudad de México para continuar sus estudios. Llegado el momento, ingresó al Colegio de Minería y obtuvo su título de ingeniero de minas en 1845 a los 25 años.


Una faceta que destaca de del Castillo Patiño fue la docencia, labor a la que se dedicó durante muchos años en diferentes instituciones; fue profesor de mineralogía, geología y paleontología en su alma mater; de Mecánica aplicada a la minería y Principios de construcción en la Escuela de Prácticas de Minas y Metalurgia de Pachuca. Antes de su llegada al Colegio de Minería, las clases eran más bien teóricas, así que impulsó actividades de exploración y práctica.

Dado que la mineralogía, paleontología y geología se solían impartir como una sola materia, propuso que la enseñanza se diera de manera individual, pues ya era vasto el conocimiento que merecían un curso para cada una de ellas.

Fue el primer presidente y socio fundador de la Sociedad Mexicana de Historia Natural junto con otras personalidades.

También fue considerado el primer paleontólogo mexicano, pues recolectó y describió fósiles de maríferos del Valle de México. Además, logró el reconocimiento legal de las meteoritas como bienes de la nación mediante la ley del 29 de mayo de 1889 y también elaboró la Carta de los Meteoritos de México (1893) y algunos mapas geológicos de los distritos mineros más importantes del país.

Antonio del Castillo Patiño figuró como el principal representante de México hacia el exterior en todos los asuntos relacionados con la minería y la geología. Fue precursor del proceso de institucionalización de la geología mexicana y un reconocido ingeniero científico en los ámbitos local e internacional.

Del Castillo falleció el 27 de octubre de 1895, a la edad de 75 años y como pudimos ver, su trayectoria fue larga y de importancia para la geología y paleontología mexicana. 





# Una vida de mentiras, una novela llena de misterios

ANGÉLICA CECILIA MORÁN LÓPEZ

a328434@alumnos.uaslp.mx

Es común que al abrir redes sociales o leer revistas de entretenimiento, creamos que esas personas que vemos en pantalla o en las páginas de dichas revistas tienen vidas

perfectas; todo parece impecable y siempre ocurren acontecimientos importantes. Ante la sociedad mostramos sólo lo que queremos que vean los demás; pretendemos llevar una vida perfecta.

El comienzo de la novela atrapa en seguida al lector, deja sembrada la intriga y curiosidad. Las protagonistas son Cecilia, Lucía y Mimí, las tres de distintas clases sociales; cuyas vidas transcurren de manera normal y creen tener una vida perfecta, hasta que ocurren dos acontecimientos que entrelazan las historias de estos personajes: un asesinato y un secuestro.

Cecilia, que se ha dedicado durante mucho tiempo a construir la familia ideal, pertenece a una de las familias acomodadas más

reconocidas y poderosas de Querétaro, ante el ojo público parecen ser una familia perfecta.

Lucía, una joven maestra que está a días de casarse con Federico, el hijo de Cecilia. Durante casi toda su vida se dedicó solamente a seguir órdenes y aparentar ser la mujer perfecta para su prometido, sin un carácter propio.

Por último, está Mimí, una policía que recientemente tuvo un bebé; sin embargo, al pertenecer a la clase baja de la sociedad y ser mujer, sufre de muchas dificultades. Tras verse involucrada en un crimen que desea investigar, pone manos a la obra para descubrir la verdad por cuenta propia.

Una vida de mentiras muestra la perspectiva femenina de una realidad vivida en el México contemporáneo: corrupción, feminicidios, impunidad. La autora da a los lectores pistas a lo largo de la historia para resolver el misterio que envuelve esta trama.

Nuria Kaiser expone en su novela la problemática que se vive a diario en México. Nos ofrece la oportunidad de reflexionar como individuos y sociedad. Esta obra además de presentar una trama interesante, deja intrigado cada vez más al lector conforme avanza la historia, pues cuenta con personajes profundos, en quienes, a lo largo de la narración, se percibe un notable desarrollo. **UP**

