

IFUAP - CIDS - FCFM

Sobre el amor y celdas solares

DIRECTORIO

Rector

Dr. José Alfonso Esparza Ortíz

Secretaria General

Mtra. María del Socorro Guadalupe Alicia de la Inmaculada Concepcion Grajales y Porras

Directora del Instituto de Física

“Ing. Luis Rivera Terrazas” (IFUAP)

Dra. María Eugenia Mendoza Álvarez

Director del Instituto de Ciencias (ICUAP)

Dr. Jesús Francisco López Olguín

Directora de la Facultad de Ciencias

Físico-Matemáticas (FCFM)

Dra. Martha Alicia Palomino Ovando

COMITÉ EDITORIAL

M. C. Juan Hernández Tecorralco

juanht@ifuap.buap.mx

M. C. Aracely Del Carmen Martínez Olguín

amartinez@ifuap.buap.mx

M. C. Esteban Ojeda Durán

esteban.ojeda@alumno.buap.mx

M. C. Luis Alberto Razo López

luis-alberto.razo-lopez@etu.univ-cotedazur.fr

AGRADECIMIENTOS

La impresión de este sexto número ha sido posible gracias al apoyo de:

IFUAP - ICUAP/CIDS - FCFM

Programa de Fortalecimiento a la Excelencia
Educativa

(PROFEXCE - 2020) SEP

EDITORIAL

...después de todo, cuando estás enamorado, quieres contarlo a todo el mundo. Por eso, la idea de que los científicos no hablen al público de la ciencia me parece aberrante.

Carl Sagan

Con gran entusiasmo les presentamos la sexta edición de la revista *Con-Ciencia Estudiantil*. Como siempre le estamos agradecidos a nuestros autores que, con un interés genuino de romper las barreras de la comunicación, buscan transmitir en esta revista el pensamiento científico a la sociedad en general. También, les agradecemos a nuestros lectores por su interés y curiosidad en la ciencia, lo cual nos motiva a continuar la difusión del conocimiento.

Esperamos que disfruten de la lectura del número actual, tanto como nosotros disfrutamos de su realización. Extendemos la invitación a todos aquellos que compartan nuestro entusiasmo por la divulgación científica a participar en este proyecto, ya sea colaborando con artículos o difundiendo la revista para que este proyecto continúe por muchos números más.

Comité editorial

La revista *Con-Ciencia Estudiantil* no se hace responsable del contenido de los artículos aquí presentados los cuales son enteramente responsabilidad de cada uno de los autores. Cualquier comentario y/u observación debe hacerse directamente al correo del autor correspondiente.

Año 7, núm 1 - Primavera 2020.
Tiraje de 100 ejemplares impresos

| | |
|--|----|
| ■ Presentación. Comité Editorial | 2 |
| ■ Portada: Sobre el amor y celdas solares. Esteban Ojeda Durán | 3 |
| ■ Medio Ambiente: ¿Cuánto cuesta producir una cría de tortuga marina en Nayarit? María Azucena Alba Preciado | 4 |
| ■ Reseña: Isaac Asimov, a un centenario... Aracely Del Carmen Martínez Olguín | 8 |
| ■ Actualidad: Revolución del silicio nanométrico. Juan Ramon Ramos Serrano | 10 |
| ■ Estudiantil: Pensamiento científicos de la expansión del universo. Alondra Sánchez Martínez | 13 |
| ■ Local: Entrevista al Dr. Jesús Carrillo López. Centro de Investigación en Dispositivos Semiconductores | 16 |
| ■ Hablando de: Sobre la forma de las ondas electromagnéticas. Olivo Rojas Hernández | 20 |
| ■ Actualidad: ¿Sistema inmune innato? Conoce sus características negadas por décadas. Claudio Eduardo Carbajal Calzada | 24 |
| ■ Hablando de: Microbioma asociada a plantas; una perspectiva para la conservación de la flora global. Francisco López David | 29 |
| ■ Estudiantil: La ley de Snell. Alma Itzel González Solano | 34 |
| ■ Infografía: Cristales. El orden de la naturaleza. Alexander I. Alvarez Vizcaino | 36 |

PRESENTACIÓN

Les damos la bienvenida al sexto número de la revista *Con-Ciencia Estudiantil*. Agradecemos el apoyo de la Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas (FCFM), del Instituto de Física “Ing. Luis Rivera Terrazas” (IFUAP) y del Centro de Investigación en Dispositivos Semiconductores (CIDS), y por supuesto, a nuestros lectores y colaboradores que hicieron posible la publicación de un número más.

La finalidad de la revista *Con-Ciencia Estudiantil* es aportar un granito de arena a la divulgación científica, generar un espacio para que los estudiantes del área de ciencias puedan expresarse y comunicar sus conocimientos científicos al público en general.

En este nuevo número de *Con-Ciencia Estudiantil* incluimos secciones nuevas y retomamos las acostumbradas secciones de números anteriores:

- **Portada:** foto o imagen de algún experimento o resultado que, más allá de su belleza, nos enseña algo importante e interesante sobre la ciencia.
- **Local:** presenta entrevistas a investigadores locales destacados, donde conocemos un poco más sobre su vida, cómo llegaron a hacer una carrera científica y qué hacen actualmente.
- **Actualidad:** incluye tópicos diversos, desde acontecimientos que han marcado el rumbo de la historia de la ciencia, hasta eventos recientes e importantes.
- **Hablando de:** artículos claros y sencillos sobre temas básicos de la ciencia.
- **Reseña:** narración breve sobre un personaje, libro o película relacionada con temas de ciencia.
- **Medio Ambiente:** desarrolla tópicos relacionados con la sustentabilidad y el medio ambiente.
- **Infografía:** es una presentación visual de algún tema concerniente a la ciencia en general.

Esperamos que este número sea de su agrado y los invitamos a participar en los próximos, ya sea por medio de una colaboración o enviando comentarios o sugerencias. Además, contamos con espacios para difundir información sobre congresos, concursos, escuelas y cualquier actividad científica. Pueden escribirnos a conciencia.buap@gmail.com.

Comité editorial

En tiempos actuales, se han buscado diferentes formas de obtención de energía, las cuales, no deben de contaminar a nuestro medio ambiente, principalmente, utilizando energías renovables. Dentro de estas energías renovables se encuentran la energía solar. Esta energía es la que nos proporciona el Sol diariamente conformada por fotones. Esta energía solar puede ser convertida en energía eléctrica con la ayuda de dispositivos fotovoltaicos o mejor conocidos como celdas solares. Existen muchos tipos de materiales que se encuentran dentro de la tabla periódica que pueden ser utilizados para la fabricación de celdas solares, por ejemplo: el silicio, arsenuro de galio (GaAs), cobre-indio-selenio (CIS₂), cobre-indio-galio-selenio (CuIn_xGa_(1-x)Se₂), entre otros. Pero: ¿de qué manera podemos hacer que sea verdaderamente sustentable? Inicialmente, se deben de buscar materiales abundantes en el planeta, ya que, existe una relación directa entre costo-abundancia. Además de esto, se debe de tomar en cuenta al medio ambiente ya que, si de verdad queremos tecnologías que no afecten o contaminen al medio ambiente es muy importante este punto. Por un lado, podemos fabricar celdas solares orgánicas, las cuales, afectarían muy poco el medio ambiente, pero desafortunadamente, se degradan conforme el transcurso del tiempo. Para esto, existe la opción de utilizar celdas solares de cobre-zinc-estaño y azufre (Cu₂ZnSnS₄) o su variante de cobre-zinc-estaño y selenio (Cu₂ZnSnSe₄) o finalmente, la combinación de azufre y selenio CZTSSe, cabe mencionar que este tipo de material es conocido como kesterita. Este material para aplicación en dispositivos fotovoltaicos es una alternativa barata del material CIGS, ya que, el indio y galio son materiales escasos en el planeta y, por lo tanto, aumentan su costo de producción. La imagen en portada, es precisamente, del material Cu₂ZnSnS₄, la cual se muestra conformada por granos muy grandes (mayores a 1 μm). Este material es el que absorbe la energía solar y la convierte en energía eléctrica, con ayuda de otros materiales.

Por otra parte, ya teniendo el material, las celdas solares y las ganas de rescatar al planeta: ¿cómo surge la relación entre amor, celdas solares y sustentabilidad? Aunque la palabra “amor” es una palabra excesivamente difícil de explicar y aún más de sentir, es lo que se necesita para poder rescatar el planeta: amar a nuestro planeta. Y es que con el solo hecho de no dejar nuestro calentador de baño encendido, no dejar luces prendidas cuando no estamos en casa o dejar el cargador del celular conectado a la corriente, son muestras de amor al

planeta. También se debe de recurrir a las celdas solares ya que, de alguna manera, con el uso de estas podemos dar una muestra de amor y de cuidado para protección a nuestro planeta y a nuestras futuras generaciones. Todo esto va en relación a la imagen en portada y que fue tomada con un microscopio electrónico de barrido (SEM). Este microscopio nos ayuda a observar estructuras morfológicas dentro de una película o algún material que se quiera analizar. Con este microscopio es posible observar objetos aún mas pequeños que el grosor de un cabello. La imagen muestra una forma caprichosa de “corazón” y dando muestra que a pesar de la aleatoriedad del crecimiento de los granos de CZTS, también nos puede demostrar amor. Finalmente, el material kesterita nos relaciona la sustentabilidad por medio de su bajo costo, las celdas solares por medio de la aplicación de este material y el amor en la manera de proteger el medio ambiente y nuestro planeta.



M.C. Esteban Ojeda Durán

Candidato a Doctor en Dispositivos Semiconductores, perteneciente al Instituto de Ciencias de la Universidad Autónoma de Puebla. Obtuvo la maestría en Dispositivos Semiconductores de la misma institución. Su línea de investigación es celdas solares de película delgada.

Posgrado en Dispositivos Semiconductores, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Calle 14 Sur S/N Col. San Manuel, Puebla, México.

esteban.ojeda@alumno.buap.mx

¿CUÁNTO CUESTA PRODUCIR UNA CRÍA DE TORTUGA MARINA EN NAYARIT?

Sección Medio ambiente

María Azucena Alba Preciado

Resumen

En el estado de Nayarit se protegen las tortugas marinas en campamentos tortugueros establecidos a lo largo de la costa. El objetivo de este trabajo fue calcular el costo de producción por cría de tortuga golfina en la costa de Nayarit. Se recolectó información sobre datos de anidación y gastos de operación para los campamentos La Puntilla, El Sesteo, Miguel Guardado Pérez y Boca de Chila en las temporadas 2012 a 2014, a partir de estos datos se calculó el costo por cría de tortuga marina en donde el campamento Boca de Chila registró el menor costo con \$2.81 y el campamento El Sesteo registró el mayor costo con \$27.70, el costo promedio por cría para el estado fue de \$13.52.

1. Introducción

En la actualidad las tortugas marinas se encuentran clasificadas bajo algún estatus de protección en la UICN, NOM y CITES; paralelamente a las medidas legales adoptadas, en México desde 1966 se han implementado campamentos tortugueros como una estrategia de conservación con la finalidad de proteger y conservar todas las especies de tortugas marinas que desovan en las costas mexicanas; dentro de las actividades que realizan los campamentos está el patrullaje en donde recolectan los nidos y vigilan a las hembras anidadoras hasta su regreso al mar, siembra de nidos en viveros de arena, cuidado y vigilancia de los nidos hasta su eclosión y liberación de crías al mar, las cuales tendrán un largo recorrido para llegar a la etapa adulta, donde sólo las hembras volverán a las playas donde nacieron para depositar sus huevos ya fecundados por los machos (ver Figura 1).



Figura 1: Nido de tortuga golfina.

En Nayarit la protección de la tortuga golfina comenzó en el año 1971 con la instalación del campamento tortuguero Platanitos, para el año 2016 ya se contaba con 17 campamentos tortugueros a lo largo de toda la costa (ver Figura 1), sin embargo, la mayoría de estas áreas no cuentan con un financiamiento estable para la realización de las actividades de conservación, por tanto como una estrategia de recaudación de fondos están aplicando la acción “adopta un nido de tortuga marina” lo cual contribuye al financiamiento del proyecto de conservación de tortugas marinas en diferentes playas de anidación, no obstante no se ha calculado el precio real de una cría de tortuga marina, por lo cual se está sobrevalorando el precio de un nido de tortuga marina en Nayarit.



Figura 2: Campamento tortuguero “El Sesteo”.

Un campamento tortuguero es como una fábrica de crías de tortugas marinas y como toda fábrica, presenta costos de operación (costos de producción) que son los gastos necesarios para mantener un proyecto [1], en este caso el programa de conservación de tortugas marinas. Para valorizar económicamente a las tortugas marinas es necesario describir los diferentes aspectos económicos relacionados con las mismas [2], sin embargo en este estudio sólo se calculó el costo por cada cría en los campamentos tortugueros. En economía el término -costo de producción- se define como el conjunto de gastos para la producción de bienes y servicios (Real Academia

Española [3]) en los campamentos tortugueros la producción es el número de crías liberadas al mar, las cuales son un recurso natural, en el entendido de que no es un producto que se comercialice y su producción no está controlada por ninguna maquinaria o proceso de manufacturación.

Cabe mencionar que a nivel estatal no hay una homogenización de los campamentos tortugueros [4] por lo cual no se puede establecer un precio unitario por cría por toda la costa de Nayarit, por ello es importante determinar el precio por cría en cada campamento y así conocer el valor real que cuesta proteger un nido en las diferentes playas de anidación de Nayarit. El objetivo que se planteó fue calcular el costo de producción por cría de tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*) en la costa de Nayarit. Es importante señalar que los estudios de costo por cría para campamentos tortugueros son casi nulos en la literatura [5].

2. Desarrollo

El estado de Nayarit se localiza en el noroeste de la República Mexicana; colinda al norte con los estados de Sinaloa y Durango, al sur con Jalisco, al este con Zacatecas y Jalisco y al oeste con el Océano Pacífico. En este estudio se analizaron las temporadas 2012, 2013 y 2014 de los campamentos La Puntilla, El Sesteo, Miguel Guardado Pérez y Boca de Chila (ver Figura 3), ya que de los 17 campamentos del estado de Nayarit sólo estos contaron con registro de gasto de operación, sin embargo, no se establece el monto de dinero para las secciones (sueldos, combustible y equipo para la recolección de nidadas), por lo cual no se pudo hacer una comparativa de estos datos entre campamentos. No se consideró el valor de los activos fijos con que cuentan los campamentos (infraestructura, equipo y/o material); los datos fueron buscados en los archivos de registros de reporte de anidación de los campamentos tortugueros en las oficinas de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) de Nayarit.

Para calcular el costo por cría de tortuga golfina en los campamentos tortugueros se utilizó la ecuación mencionada por Colin [5].

$$\text{Costo por cría} = \frac{\text{Gastos de operación por temporada}}{\text{Número de crías liberadas por temporada}} \quad (1)$$

Se compararon los datos de costo por cría con los campamentos tortugueros de Asupmatoma, Baja California Sur, Estrella de Mar en Sinaloa, la playa de Agua Blanca, Baja California Sur y Cahuitán, Guerrero; adicionalmente se compararon los datos de gasto de operación con Asupmatoma y Estrella de Mar reportados en Colin [5] en 2015.

3. Resultados y discusión

En general todos los campamentos presentaron diferencias en los gastos de operación y número de crías liberadas al



Figura 3: Áreas de estudio en Nayarit.

mar en las tres temporadas de anidación; sin embargo, en kilómetros de playa protegidos, capital humano y tiempo de operación no hubo cambios dentro de los campamentos entre temporadas (ver Tabla 1). Los campamentos El Sesteo y La Puntilla registran el menor número de crías liberadas al mar y la mayor cantidad de kilómetros protegidos (11 km). En La Puntilla se observa una disminución del número de crías liberadas al mar al transcurrir las temporadas, contrario a esto en los campamentos Miguel Guardado Pérez y Boca de Chila registraron un aumento en sus liberaciones. En cuanto al costo de producción por cría, se tomaron en cuenta el total de los gastos de operación y el total de crías liberadas por temporada, ambos datos fueron diferentes para cada sitio ya que las condiciones propias de cada campamento son diferentes (Tabla 1). El Sesteo obtuvo el promedio de costo por cría más alto en la costa de Nayarit debido a que registró el menor número de crías liberadas al mar (4,554) y por lo tanto el costo por cría más alto (\$52.70), por otro lado Boca de Chila registra el mayor número de crías liberadas al mar y los menores costos por cría en las tres temporadas, siendo el campamento donde sale más barato producir una cría de tortuga golfina.

Debido a que Boca de Chila registra el mayor número de crías liberadas al mar, se puede considerar una playa de anidación importante para el estado, sin embargo, presenta menor anidación que Estrella de Mar en Sinaloa [5]. Los campamentos con el costo de operación más alto (Boca de Chila) y más bajo (Miguel Guardado Pérez) registran los costos

Cuadro 1: Costo de producción de cría de tortuga golfina en Nayarit.

| Campamento | Municipio | Año | Km de playa | Capital humano | Tiempo de Operación (meses) | Voluntarios | Costo de operación | # Crías liberadas | Costo de cría por temporada | Promedio de costa por cría |
|-----------------------|--------------|------|-------------|----------------|-----------------------------|-------------|--------------------|-------------------|-----------------------------|----------------------------|
| La Putilla | Tecuala | 2012 | 11 | 15 | 6 | No | \$140,000 | 10,576 | \$13.24 | \$18.35 |
| | | 2013 | 11 | 15 | 6 | No | \$170,000 | 6,485 | \$26.21 | |
| | | 2014 | 11 | 15 | 6 | No | \$100,000 | 6,410 | \$15.60 | |
| El Sesteo | S. Ixcuintla | 2012 | 11 | 13 | 7 | No | \$65,000 | 5,237 | \$12.33 | \$27.70 |
| | | 2013 | 11 | 13 | 7 | No | \$240,000 | 4,554 | \$52.70 | |
| | | 2014 | 11 | 13 | 7 | No | \$150,000 | 8,294 | \$18.09 | |
| Miguel Guardado Pérez | S. Ixcuintla | 2012 | 9 | 6 | 6 | No | \$100,000 | 13,682 | \$7.31 | \$5.24 |
| | | 2013 | 9 | 6 | 6 | No | \$65,000 | 14,942 | \$4.35 | |
| | | 2014 | 9 | 6 | 6 | No | \$100,000 | 24,513 | \$4.08 | |
| Boca de Chila | Compostela | 2012 | 7.5 | 13 | 12 | Si | \$178,500 | 72,471 | \$2.46 | \$2.81 |
| | | 2013 | 7.5 | 13 | 12 | Si | \$462,800 | 124,608 | \$3.71 | |
| | | 2014 | 7.5 | 13 | 12 | Si | \$377,200 | 165,275 | \$2.28 | |

de cría más bajos y el mayor número de liberación de crías al mar para Nayarit.

Para la tortuga golfina, Colin [5] evaluó el costo promedio de producción para crías en Baja California Sur, estimándola en \$5.15, para Sinaloa el costo fue de \$3.85 los cuales contrastan con el costo promedio para Nayarit \$13.52 (La Puntilla (\$18.35), El Sesteo (\$27.70) y Miguel Guardado Pérez (\$5.24), Boca de Chila (\$2.81)); sin embargo, si los comparamos a nivel de playa Boca de Chila presenta el costo de cría más bajo en Nayarit, Sinaloa y Baja California Sur.

Al comparar los gastos de operación con ASUPMATOMA, B.C.S. y Estrella de Mar, Sinaloa, se observa que estos campamentos tienen gastos mayores que los campamentos de Nayarit, sin embargo, no se pudo hacer la comparación de los diferentes rubros entre los campamentos debido a que no se cuenta con una descripción detallada de como destinan sus gastos, no obstante el rubro nómina (sueldos) para todos fue el más importante, porque sin capital humano un campamento tortuguero no funciona.

De acuerdo con los datos registrados por Colin [5] para tortuga golfina (*L. olivacea*), González-Payan en 2008 para laúd (*Dermochelys coriacea*) [6] y los registrados en este estudio para golfina, en México el costo por cría de tortuga marina varía de \$3.85 a \$208 (ver Tabla 2), en donde la tortuga laúd tiene un costo de producción más alto con respecto a la tortuga golfina, tal diferencia se debe por el bajo número de crías producidas en la playa de anidación debido al descenso de su población en México [7], por lo cual algunos campamentos utilizan incubadoras artificiales para asegurar el éxito de eclosión de los nidos de esta especie, ya que es más bajo que en las otras especies de tortugas marinas [8].

4. Conclusiones

De acuerdo a lo registrado en este estudio producir una cría de tortuga marina fue más económico en el campamento

Cuadro 2: Costo por cría de tortuga marina en diferentes estados de México.

| Estado | Costo por cría | Especie | # de playas muestreadas | Fuente |
|---------|----------------|-------------------------------|-------------------------|--------------------------|
| B. C. S | \$208.00 | Laúd <i>D. coriacea</i> | 1 | González-Payan, 2008 [6] |
| Gerrero | \$26.00 | Laúd <i>D. coriacea</i> | 1 | Colin, 2015 [5] |
| B. C. S | \$5.15 | Golfina <i>L. olivacea</i> | 1 | Colin, 2015 [5] |
| Sinaloa | \$3.85 | Golfina <i>L. olivacea</i> | 1 | Colin, 2015 [5] |
| Nayarit | \$13.52 | Golfina <i>L. olivacea</i> | 4 | Este trabajo |

Boca de Chila en Nayarit. El costo por cría de tortuga marina será diferente por campamento tortuguero y por temporada de anidación, no obstante se puede establecer un promedio de costo por cría para implementar la estrategia de adoptar un nido en los campamentos de Nayarit. El costo por cría está determinado por la liberación de número de crías al mar, el cual a su vez está determinado por el número de hembras anidantes, y el costo de operación por temporada en cada campamento; cabe resaltar que no se está estableciendo un valor monetario para las crías, ya que una tortuga no tiene precio. En las áreas de mayor anidación se tiene un costo inferior por cría de tortuga golfina, sin embargo, sin importar el valor reportado por campamento, la conservación de las tortugas marinas se lleva a cabo, lo cual confirma que en Nayarit la conservación de la tortuga es de importancia en toda la costa. Es necesario y de suma importancia que cada campamento de a conocer los datos registrados durante las temporadas de anidación para

futuros estudios sobre el costo por cría de tortuga marina, lo cual aportara nueva información para calcular el costo por cría de tortugas marinas.

Referencias

- [1] Münch, L.: *Administración: Gestión organizacional, enfoques y proceso administrativo*. VS College. Pearson Educación de México, SA de CV, 2011, ISBN 9786074424218. <https://books.google.com.mx/books?id=iVHwtwEACAAJ>.
- [2] Gonzáles Paredes, D. y Melero Duro, D.: *El valor de la tortuga marina. Impacto social y económico del programa de conservación e investigación de tortugas marinas de la fundación Corcovado en Bahía Drake*. *Chronica naturae*, 4:51–65, 2014.
- [3] *Real Academia Española*, 2017. www.rae.es/.
- [4] Alba Preciado, M. A.: *Evaluación de la eficiencia de los campamentos tortugeros en la costa de Nayarit, México*. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Nayarit, 2018.
- [5] Colin Aguilar, A. G.: *Anidación y conservación de la tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*) en dos playas de la costa occidental de Baja California Sur, México: 1995-2013*. Tesis de Maestría, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, 2015.
- [6] Gonzales Payan, E.: *Evaluación de la Producción de Crías de Tortuga Laúd (*Dermochelys coriacea*) en incubación Ex situ (Cámara e Invernadero) en la Playa de Agua Blanca*. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Baja California Sur, 2008.
- [7] Mast, R. B. y Pritchard, P. C. H.: *Experts Define the Burning Issues Sea Turtle Conservation*. SWOT report, 1:12–13, 2006. www.seaturtlestatus.org.
- [8] Sarti, A. L., Barragán, A.R., Muñoz, D. G., García, N., Huerta, P. y Vargas, F.: *Conservation and biology of the leatherback turtle in the Mexican Pacific*. *Chel. Conserv. Biol.*, 6:70–78, 2007. www.seaturtlestatus.org.



María Azucena Alba Preciado

Egresada de la licenciatura en Biología por la Universidad Autónoma de Nayarit. Posteriormente, estudió la maestría en Ciencias Ambientales en la misma universidad.

Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias y Pesqueras. Universidad Autónoma de Nayarit, México
azucena.preciado@hotmail.com

¿Sabías que...

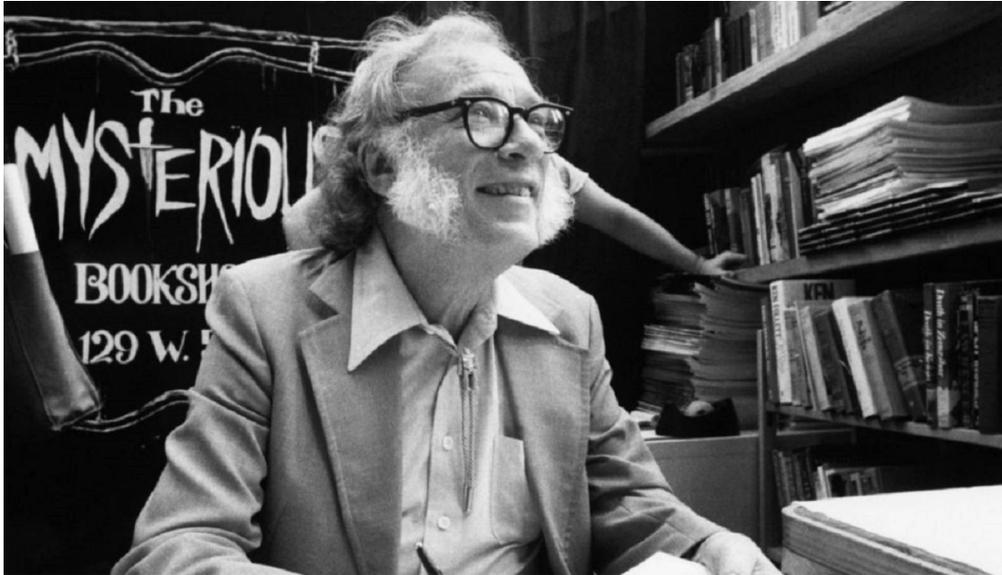
Por segundo año consecutivo,
la BUAP fue la mejor universidad en
Física en México, de acuerdo al ranking
Best Global Universities 2019



ISAAC ASIMOV, A UN CENTENARIO...

Sección Reseña

Aracely Del Carmen Martínez Olguín



Isaac Asimov en la librería Mysterious Book Store de Nueva York en 1984, fotografía de Mario Suriani

Íncipit del cuento “El hombre bicentenario” (1976):

1. Ningún robot causará daño a un ser humano o permitirá, con su inacción, que un ser humano sufra algún mal.
2. Todo robot obedecerá las órdenes recibidas de los seres humanos, excepto cuando esas órdenes puedan entrar en contradicción con la primera ley.
3. Todo robot debe proteger su propia existencia, siempre y cuando esta protección no entre en contradicción con la primera o la segunda ley.

Las premisas anteriores son conocidas como las leyes de la robótica, y más allá de sólo surgir de la imaginación de un escritor, cimentaron las bases de muchos relatos y novelas de ciencia ficción. El personaje que las concibió fue Isaac Asimov, un divulgador científico, historiador y autor de centenares de libros.

De Rusia no, de EE.UU. para el mundo

Isaac Asimov -llamado así por su abuelo materno-, de nacionalidad y espíritu estadounidense, nació en la extinta República Socialista Federativa Soviética de Rusia en el pueblo de Petróvichi. Su madre alteró su fecha de nacimiento para que pudiera cursar la escuela antes de tiempo; por este motivo, su fecha de nacimiento es incierta, dada entre septiembre de 1919 y enero de 1920. Años más tarde el escritor decidió fijarla a inicios de 1920 y celebrar su cumpleaños el 2 de enero. Así que,

por elección del propio Asimov, este año (2020) se conmemora un centenario de su nacimiento.

Cuando Asimov tenía 3 años, su familia se mudó a EE. UU. y se instalaron en Brooklyn, en la ciudad de Nueva York. Fue el primogénito de un matrimonio judío ortodoxo y en su hogar sólo se hablaba yiddish e inglés; en consecuencia, nunca aprendió el ruso y toda su obra la realizó en inglés. Sus detractores lo acusaron de ser ateo como un acto de rebeldía contra sus padres; pese a que Asimov nunca tuvo que rebelarse contra nada, no realizó el *Bar Mitzvah* a los trece años y siempre contó con la libertad de profesar o rechazar el judaísmo. Incluso dedicó algunos textos a la Biblia.

Desde pequeño fue consciente de su capacidad de aprendizaje y se consideraba a sí mismo como un niño prodigio. Aprendió a leer antes de la edad escolar, poseía una necesidad acuciante de conocimiento. Fue un lector ávido y un cliente asiduo de la biblioteca. En un principio era llevado por su madre, pero el ritmo de sus lecturas lo hacía volver con tal presteza, que terminó regresando por su cuenta, leyendo a los filósofos griegos, Shakespeare o Dickens desde una edad muy temprana. Era un claustrofílico pero sin llegar a la insularidad, amaba los espacios pequeños y cerrados, y de ahí su escaso interés por las actividades al aire libre como la natación o andar en bicicleta, por lo cual nunca las dominó. Jamás se preocupó por la falta de modestia. En el prólogo de su última biografía señaló que las razones por las cuales fue tan fácil escribirla eran simples: había documentado su vida en diarios desde los 18 años (y claro, no olvidó mencionar su magnífica memoria “casi fotográfica”) y además, el libro trataba de su tema favorito, él mismo.

Preludio de un escritor

Al llegar al nuevo continente y por tres años su padre vendió toda clase de artículos casa por casa, hasta ahorrar una suma que le permitió establecer una tienda de caramelos y conseguir estabilidad económica para la familia (incluso en épocas difíciles como la Crisis del 29). Mientras ayudaba a sus padres en la tienda se dio su primer acercamiento a la ciencia ficción. Asimov leía las revistas Wonder Stories y empezó a escribir en 1931, a los once años, por el impulso incontrolable de inventar una historia. Fue un estudiante con buenas calificaciones, que se aburría en las clases y que no temía corregir a los profesores. Como miembro de una familia judía se esperaba que optara por ser médico o abogado, esto lo llevo a un fallido intento por ingresar en la facultad de medicina. Tras el fracaso se inclinó por una carrera científica, descartó la carrera en física al sentir que sus habilidades matemáticas no eran lo suficientemente buenas y optó por una carrera en química. Obtuvo un grado en ciencias de la Universidad de Columbia en 1939 y un doctorado en química años más tarde.

Sin embargo, entre la carrera y el posgrado, como miles de estadounidenses tuvo que cumplir su deber militar. Ingresó a la *Naval Air Experimental Station* (NAES) de Filadelfia en mayo de 1942. Fue en esta época cuando escribió el relato *Foundation*, el origen de la exitosa saga. Permaneció en la estación desde 1942 a 1945. Al finalizar su periodo en la NAES continuó en el ejército por más de 8 meses.

De regreso a EE.UU. y tras haber interrumpido su tesis doctoral por 4 años y medio, se doctoró en mayo de 1948 a los veintiocho años. Al poco tiempo consiguió un posdoctorado investigando drogas contra la malaria, paulatinamente llegó otra beca hasta que finalmente logró conseguir trabajo como profesor de bioquímica en la escuela de medicina de la Universidad de Boston. El ambiente académico no logró satisfacerlo por completo, amaba dar clases pero la investigación no era su prioridad. En 1958 es despedido y decide dedicarse a la escritura de tiempo completo, una sabia elección, ya que con el tiempo sus ingresos como escritor fueron más copiosos que los obtenidos en la docencia.

El cenit...

Asimov logró convertirse en un escritor prolífico, se estima que su obra asciende a más de 500 libros. Sumado al hecho de ser conocido por su abundante obra literaria, son notorias las adaptaciones de sus libros llevados al cine como “El hombre bicentenario” (1999) protagonizada por Robin Williams y dirigida por Chris Columbus o *Yo, robot* del 2004. Adicionalmente, Gene Roddenberry lo contactó para que fuera asesor científico de la primera película de Star Trek a finales de la década de los 60’s. También tuvo múltiples participaciones en conferencias, a las que asistió muy a pesar de su acrofobia.

Más allá de la mundialmente conocida imagen del hombre

con patillas prominentes y de genio carente de modestia, Asimov fue un humanista y promotor de la divulgación científica e histórica. Fue miembro de Asociación Humanista Americana y vicepresidente internacional de Mensa, la asociación internacional de superdotados. Recibió premios Hugo y Nebula, así como catorce doctorados *honoris causa* y en 1981 un asteroide fue nombrado en su honor.

Y el ocaso

El padre de Asimov sufrió una angina de pecho a los 42 años, y por quince años el escritor vivió con el temor de pasar por lo mismo, hasta que sus temores se volvieron realidad y a los 57 años inició con problemas cardíacos; que 6 años más tarde lo llevarían a colocarse un *bypass* triple. Murió en 1992 por una insuficiencia renal y cardíaca, causada por el VIH, contraído 5 años antes en una transfusión sanguínea durante una cirugía.

Se mantuvo activo, escribiendo hasta el último momento, tratando de dejar un poco más de su genialidad al mundo. Terminó de escribir su última autobiografía el 30 de mayo de 1990, la obra fue publicada en 1994, dos años después de su muerte.

Referencias

- [1] Asimov, I.: *El Hombre Bicentenario y otros Cuentos*. Ediciones B, S.A, 1998.
- [2] Asimov, I.: *Yo, Asimov. Memorias*. Ediciones B, S.A, 1994.



Aracely Del Carmen Martínez Olguín

Egresada de la licenciatura y de la maestría en Ciencias Químicas de la Universidad del Papaloapan. Actualmente es estudiante del doctorado en Ciencia de Materiales en el Instituto de Física “Ing. Luis Rivera Terrazas”.

Instituto de Física “Ing. Luis Rivera Terrazas”, BUAP
Av. San Claudio y Blvd. 18 Sur, Col. San Manuel, Ciudad Universitaria, Puebla, Pue. C.P. 72570.

amartinez@ifuap.buap.mx

REVOLUCIÓN DEL SILICIO NANOMÉTRICO

Resumen

Aunque el silicio es estudiado desde hace más de un siglo hoy continúa siendo objeto de numerosas investigaciones, esto debido al descubrimiento de nuevas propiedades en él al llevarlo a escalas nanométricas. Gracias a esto ahora se plantea el uso de silicio nanoestructurado para aplicaciones como dispositivos emisores de luz, energía fotovoltaica, sensores y biotecnología. En la actualidad existen diferentes métodos físicos y químicos para obtenerlos con diferentes propiedades según lo requieran las diferentes aplicaciones.

1. Introducción

El silicio es el material semiconductor más importante en la actualidad, ya que éste domina en las industrias de la microelectrónica y la energía fotovoltaica. Esto es debido a las ventajas que presenta respecto a otros materiales semiconductores. Para empezar, es uno de los elementos más abundantes en la corteza terrestre, lo que permite un alto volumen de producción a nivel industrial a relativamente bajos costos. Por otro lado, es posible controlar sus propiedades eléctricas de manera muy precisa mediante procesos de oxidación y difusión de otros átomos que actúan como dopantes.

A pesar de estas ventajas el silicio no es un material óptimo para el desarrollo de muchas aplicaciones ópticas y optoelectrónicas, donde su uso ha sido limitado a fotodetectores y celdas solares. Esta limitación está relacionada con su estructura de bandas, ya que se trata de un semiconductor de “band-gap indirecto”.

Como se ha comentado en números anteriores de esta revista [1], los semiconductores presentan dos bandas que representan niveles energéticos permitidos para los electrones llamadas banda de valencia (BV) y banda de conducción (BC), las cuales están separadas por una banda de energía prohibida llamada “band-gap”. Para el caso de semiconductores de band-gap directo, en un diagrama de energía vs momentum, el máximo de la BV está alineado con el mínimo de la BC, mientras que en semiconductores de band-gap indirecto (como el silicio) estos se encuentran en diferentes posiciones, como podemos observar en la Figura 1. La estructura de estas bandas es de mucha importancia, ya que la emisión de luz en materiales semiconductores se produce cuando un electrón en la BC desciende a un estado base de menor energía y ocupa un espacio libre en la BV. Este espacio en la BV se considera como una partícula de carga positiva llamada hueco. Al haber una recombinación de este par electrón-hueco en un semiconductor de band-gap directo la probabilidad de que se libere energía en forma de luz es bastante alta, mientras que en un semiconductor de band-gap indirecto la diferencia de momentum no permite que los electrones y huecos interactúen directamente por lo que en el sistema se tiene la necesidad de la intervención de un

fonón, esto por un principio de conservación del *momentum*, con lo cual el proceso de interacción se vuelve lento e ineficiente. Por esta razón los semiconductores de band-gap directo, principalmente compuestos de la familia III-V, son los más empleados en dispositivos emisores de luz.

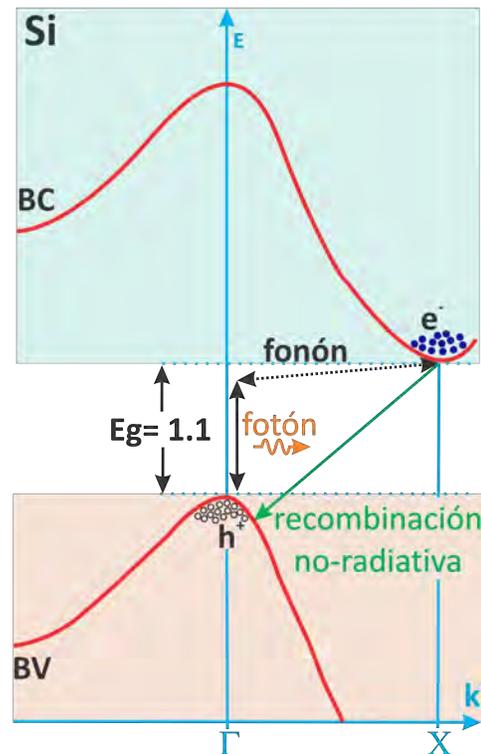


Figura 1: Estructura de bandas del silicio.

En el año de 1990 ocurrió un cambio de paradigmas respecto a las propiedades ópticas del silicio cuando el Dr. Canham reportó por primera vez la emisión intensa de luz color naranja en silicio poroso al ser expuesto a luz ultravioleta [2], como se puede observar en la Figura 2.

Investigaciones posteriores demostraron que, además, la emisión de luz puede ser modulada en un rango amplio de longitudes de onda con una alta eficiencia cuántica desde el infrarrojo hasta el ultravioleta. Estas propiedades ópticas

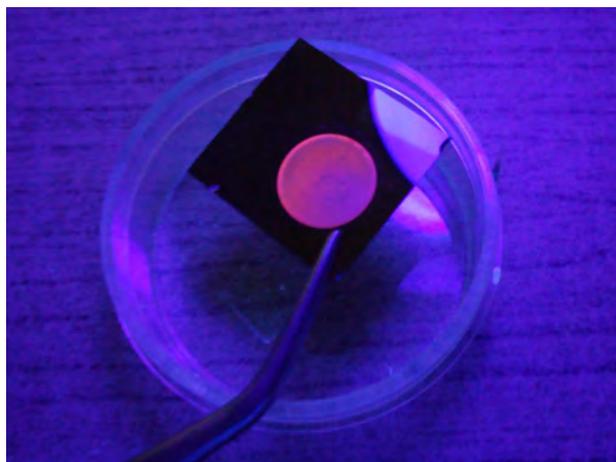


Figura 2: Muestra de silicio poroso obtenido por ataque electroquímico expuesta a luz ultravioleta.

son generalmente relacionadas con efectos de confinamiento cuántico, los cuales se presentan al llevar al silicio a escalas nanométricas y efectos producidos por las interfaces y defectos en capas de óxido de silicio.

2. Prospectiva de aplicaciones para silicio nanométrico

Estas novedosas propiedades renovaron el interés en el silicio debido a su potencial para ser aplicado en tecnologías en las cuales antes no era considerado. Por ejemplo, el desarrollo de dispositivos fotónicos basados completamente en silicio permitiría una integración directa con la tecnología CMOS actual sin requerir grandes cambios en la infraestructura existente. Esto representaría un gran avance, ya que el uso de dispositivos fotónicos permitirá conexiones más rápidas y con un menor consumo de energía. Otro de los campos de interés para la aplicación del silicio es la energía fotovoltaica, donde se ha probado el desarrollo de tintas de bajo costo basadas en puntos cuánticos de silicio en suspensiones coloidales para el desarrollo de celdas flexibles. También se propone su aplicación para mejorar la eficiencia de las celdas de silicio convencionales, esto aprovechando su capacidad de actuar como una capa down-shift, es decir que puede absorber luz ultravioleta, la cual no puede ser aprovechada completamente por las celdas y reemitir ésta con una energía menor que es mejor para la generación de portadores de carga en la celda [3].

Por otro lado, se sabe que los materiales nanoestructurados presentan una gran superficie específica en comparación de sus contrapartes a mayor escala. En el caso particular del silicio poroso se estima que la superficie es cercana a los $500 \text{ m}^2/\text{g}$, lo que representa una superficie mayor a una cancha de básquetbol [4]. Este incremento en la superficie específica resulta ideal para el desarrollo de sensores de gas, ya que al ser adsorbidos estos en la superficie de los poros se produce

un cambio en la resistencia eléctrica del silicio y el tener una gran superficie permite aumentar significativamente la sensibilidad del sensor. El mismo Dr. Canham ha diseñado dispensadores de medicamentos basados en silicio poroso aprovechando esta propiedad. Finalmente, el silicio tiene la ventaja de ser un material de muy baja toxicidad comparado con semiconductores basados en materiales como el cadmio, arsénico y plomo, lo que lo convierte en un buen candidato para el desarrollo de aplicaciones biológicas. Entre las aplicaciones que se proponen destacan su uso como marcador biológico para la obtención de imágenes in-vivo, transporte de fármacos, sensores tipo lab-on-chip y fotocatalisis para la esterilización de agua [5].

3. Técnicas de obtención

Gran parte del conocimiento fundamental sobre silicio en escala nanométrica se obtuvo de las primeras investigaciones de silicio nanocristalino (Si-nc) en la forma de silicio poroso, el cual se obtiene partiendo de obleas de silicio cristalino sometidas a un ataque electroquímico. Este proceso consiste básicamente en hacer pasar una corriente eléctrica a través de una oblea de silicio sumergida en una solución electrolítica (metanol-HF). No obstante, el silicio poroso presenta una pobre estabilidad fotoquímica, lo que motivó la búsqueda de nuevas técnicas de obtención que permitieran tener un control en el tamaño de las partículas, así como pasivar la superficie de éstas. Este enfoque de obtención de Si-nc donde se parte de un silicio de mayor volumen y posteriormente se reduce su tamaño por diferentes procesos se conoce como “**top-down**”. Otras técnicas para la obtención de Si-nc con enfoque top-down son: la molienda mecánica, ablación laser, ataques químicos y sonicación.

Un enfoque diferente utilizado para la obtención de Si-nc es el “**bottom-up**”, en el cual se parte de diferentes moléculas precursoras o iones de silicio, donde se busca una interacción física o química para así eventualmente lograr la formación de nanoclusters de silicio. Una de las técnicas más empleadas con este enfoque es la síntesis química, la cual permite obtener puntos cuánticos de silicio en una dispersión coloidal. Esta técnica resulta ideal cuando se requiere la obtención de puntos cuánticos a bajas temperaturas y libres de soportes. Estos puntos cuánticos de silicio son de interés para aplicaciones biológicas donde se pretende emplearlos como marcadores biológicos gracias a su baja toxicidad.

Sin embargo, los puntos cuánticos libres resultan poco funcionales para el desarrollo de dispositivos optoelectrónicos. Para este tipo de aplicaciones, la obtención de películas delgadas de Si-nc inmerso en matrices dieléctricas como óxido de silicio o nitruro de silicio ha mostrado ser la mejor opción. Algunas de las técnicas más empleadas para obtener estas películas delgadas son: implantación iónica, sputtering y LPCVD, con las cuales es posible tener un control en el diámetro de las nanopartículas al controlar el exceso de silicio o mediante la formación de superredes alternando capas de diferente estequiometría. No obstante, una de las limitantes de

estas técnicas es la necesidad de realizar tratamientos térmicos posteriores al depósito a temperaturas por arriba de los 1000 °C durante tiempos prolongados, a fin de inducir la formación de Si-nc.

Otras técnicas como CVD asistido por plasma (PECVD) y CVD asistido por filamento caliente (HWCVD) han presentado mucho interés en las investigaciones debido a su capacidad de obtener películas de alta calidad a bajas temperaturas de depósito y lograr la obtención de material micro y nano cristalino sin la necesidad de tratamientos térmicos posteriores al depósito, lo cual permite usar prácticamente cualquier tipo de sustrato. Esto es de particular interés, ya que ambas técnicas son ampliamente utilizadas en la industria. Las películas obtenidas con estas técnicas presentan una luminiscencia intensa, además de que variando las condiciones de depósito es posible modular la longitud de emisión, como se muestra en la Figura 3.

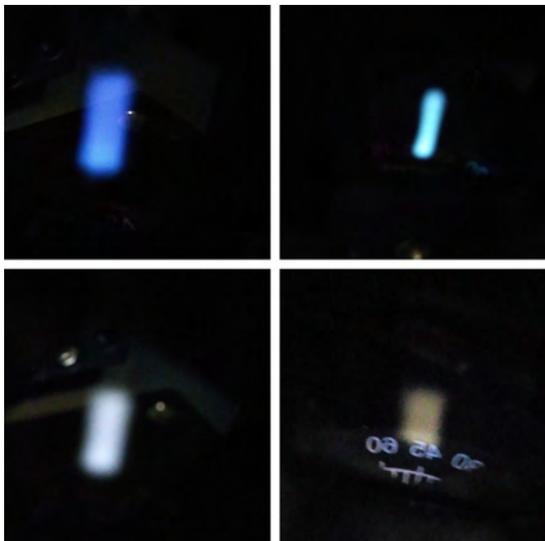


Figura 3: Películas luminiscentes basadas en silicio obtenidas por la técnica de HWCVD bajo diferentes condiciones.

4. Conclusiones

Las propiedades mostradas en el silicio nanoestructurado traen consigo toda una revolución en desarrollo tecnológico para el material, esto al lograr superar los límites intrínsecos de su contraparte de mayor tamaño. Como pudimos observar, las expectativas para la aplicación de este material son bastante amplias, sin embargo, hace falta un entendimiento más

profundo de los fenómenos que se presentan a esas escalas. Pese a que el origen de algunas propiedades continúa siendo tema de debate se han comenzado a implementar tecnologías que aprovechen estas cualidades. Finalmente, es gracias a esto que aún y con la llegada de materiales novedosos como el grafeno, el silicio seguirá vigente como uno de los materiales más importantes para la vida moderna.

Referencias

- [1] Téllez, D. y Bolaños, R. *Conciencia Estudiantil*, 2018.
- [2] Canham, L.T. *Appl. Phys. Lett.*, 57:1046, 1990.
- [3] E. Ojeda-Durán, et al. *Silicon*, 11:2087, 2018.
- [4] Ramirez, F. *Ciencia y desarrollo*, 276, 2015.
- [5] Dohnalová, et al. *Journal of Physics: Condensed Matter*, 26:173201, 2014.



Juan Ramon Ramos Serrano

Estudiante del Cinvestav en el programa de doctorado en Nanociencias y Nanotecnología. Actualmente realiza su investigación en la obtención de películas luminiscentes de materiales basados en silicio usando precursores de base orgánica mediante la técnica de CVD asistido por filamento caliente.

Cinvestav, Unidad Zacatenco
Av. Instituto Politécnico Nacional 2508,
San Pedro Zacatenco,
Ciudad de México, CDMX, C.P. 07360
juan.ramos@cinvestav.mx

PENSAMIENTO CIENTÍFICOS DE LA EXPANSIÓN DEL UNIVERSO

Sección Estudiantil

Alondra Sánchez Martínez

Resumen

El presente trabajo presenta hechos históricos y descripción de las distintas teorías, ideologías y leyes las cuales apoyan a la expansión del universo. De igual manera presenta proyectos astronómicos, cosmológicos, etcétera que han ayudado a las incógnitas de algunas teorías establecidas en la física moderna del siglo XX. Además el Big Bang es el fenómeno astronómico causante de diversas teorías, descubrimientos y contradicciones los cuales se relacionan con la expansión total del universo.

1. Introducción

La humanidad, aquella sociedad que a través de su evolución y actual estadía siempre ha tenido interés por todos los fenómenos sociales, científicos, de salud y demás. Sin embargo, el que más les ha llamado la atención por muchos años y sigue siendo actualmente un misterio es “el espacio”, ese cielo nocturno lleno de puntos brillantes a los cuales veinte siglos después los griegos llamaron constelaciones. Pero, ¿por qué están dispersas en el cielo? esto no se supo hasta que en el año de 1750 un grupo de científicos argumentaron que con la aparición de la Vía Láctea la mayoría de las estrellas tenían una configuración con forma de disco a lo que hoy solemos llamar “galaxia de espiral” después, todos pensábamos que era la única galaxia hasta que el científico Edwin Hubble desmintió esto, mediante a la creída imagen moderna del universo, ya que demostró en 1924 que nuestra galaxia no era la única; debido a que había muchas otras con amplias regiones de espacio vacío entre ellas; gracias a ese descubrimiento hubo muchos más acerca de la expansión, contracción y teorías que tuvieran semejanza con el universo y su comienzo y con ello también el auge de nuevos científicos como Einstein con la teoría de la relativa la cual supone al universo como un “gas” homogéneo en expansión o Friedman el cual hizo dos suposiciones muy simples en el cual el universo era estático y junto con ellos las diferentes teorías que han contradicho a la teoría de: “la Gran explosión” (Big Bang) [1, 2].

2. El inicio del Universo

La creación o el comienzo del universo fue explicado con un sin fin de suposiciones y teorías que pasaron de la física clásica a la física moderna. Durante más de dos mil años se creía que la estructura del universo consistía en una serie concéntrica de esferas que rodeaba a la tierra, las cuales eran esferas transparentes en las que se ubicaban los diferentes astros que giraban a velocidades diferentes en torno a la Tierra. Por otra parte estaban las ideologías católicas, las cuales explicaban que hace seis millones de años la Tierra fue creada por Dios [3]. Pero no fue hasta los siglos XVI y XVII donde varios científicos empezaron a estudiar estos

fenómenos cosmológicos a profundidad; uno de ellos fue Nicolas Copérnico el cual apareció quince siglos más tarde con su obra titulada “las revoluciones de los orbes celestes,” la gran obra en la que Nicolás Copérnico exponía su modelo de cosmos el cual nos explicaba que el Sol es el centro del universo y de la Tierra lo cual indicaba que era estacionario y que los astros giraban a su alrededor, lo que manifiesta que el universo es finito y está formado por ocho esferas concéntricas girando en torno al Sol [4]. Copérnico al ver este suceso anotó las observaciones que realizaba y las incluyó en su obra, ya que con esto nos confirmaba su modelo heliocéntrico del universo [1, 5, 6], más tarde este acontecimiento dio auge al astrónomo Johannes Kepler el cual a principios del siglo XVII perfeccionó el modelo del polaco Copérnico y calculó las órbitas exactas de los planetas y elípticas. Sus leyes describen el movimiento de los planetas alrededor del Sol por ello es que él siempre estuvo de acuerdo con el modelo heliocéntrico de Copérnico; más tarde en 1616 la iglesia prohibió la teoría heliocéntrica. Sin embargo, Kepler y Galileo estaban de acuerdo con ésta. Por ello es que en 1624 Galileo empezó a escribir un libro que tituló “Diálogo sobre las mareas”, en el que apoyaba las hipótesis de Ptolomeo y Copérnico acerca del universo y con esto causó que la iglesia católica lo condenara a reclusión perpetua por sospecha grave de herejía y con esto cancelando todas las suposiciones de la física medieval [4]. Años después de este suceso apareció Newton con la ley de la gravitación universal la cual armonizó bien con las leyes de Kepler sobre los planetas y la física de Galileo.

3. Física Moderna

Con el actual conocimiento que nos habían transmitido los antiguos griegos acerca de las constelaciones y la Vía Láctea los científicos observaron que las estrellas estaban esparcidas por todo el cielo nocturno lo cual significó un misterio para ellos, a lo que haciendo distintos estudios sobre esto surgieron varias teorías, unas de las primeras fue la que se basaba en la relatividad general o bien la ley de gravitación por Albert Einstein cuyas ecuaciones describen el comportamiento global de la materia, la energía y el espacio-tiempo; la cual comprueba que todos los objetos se atraen dependiendo de sus variaciones



Figura 1: Páginas del libro II de Copérnico “Sobre las revoluciones de los orbes celestes” en las cuales se encuentran tablas astronómicas de las observaciones copernicanas [4].

de velocidad y ondas gravitacionales, mediante eso Einstein argumento que la física terrestre y la celeste son una misma. Posteriormente otras explicaciones empezaron a surgir, una de ellas se remonta al año de 1750 donde algunos astrónomos empezaron a sugerir que la aparición de la Vía Láctea podría ser explicada por el hecho de que la mayor parte de las estrellas visibles estuvieran en una única configuración con forma de disco o bien a lo que hoy llamamos galaxias espirales teniendo en cuenta esto en el año de 1920 el matemático Alexander Friedmann expuso que el universo había surgido de una “gran explosión” (Big Bang) en un estado muy denso y caliente y explicó que desde ese momento el universo se ha ido expandiendo [1, 3]. Esta suposición de la expansión proviene de las ecuaciones que elaboró ya que estas describen la evolución del universo según su densidad y geometría pues con esto se supone que entre diez y veinte mil millones años la distancia entre galaxias pudo haber sido cero y que la curvatura del espacio-tiempo habrían sido infinitas [2, 3, 5].

4. Constante Hubble

En 1924 se tenía una nueva imagen moderna del universo. Edwin Hubble demostró un interés hacia estos nuevos conocimientos, demostró que nuestra galaxia no era la única y que había muchas otras con amplias regiones de espacio vacío entre ellas y para poder probar esto necesitaba determinar las distancias que había entre estas galaxias que parecían estar fijas [6, 7]. Por lo que tuvo que usar métodos indirectos para medir esas distancias resultando que el brillo aparente de una estrella depende de dos factores: la cantidad de luz que irradia (luminosidad) y lo lejos que está [6]. Ocasionando que en el año de 1929 Hubble, desde su telescopio, observara un fenómeno astronómico desde el Monte Wilson y con esto determinara la distancia de la galaxia Andrómeda mediante su brillo variable conocida como cefeidas, por otro lado, para medir la velocidad que tiene una galaxia respecto a la tierra utilizó su corrimiento al rojo de éstas [5, 6]. Esta técnica

consiste en observar el cambio de radiación electromagnética (frecuencia de luz) la cual es demostrada con la siguiente ecuación:

$$v = Hr. \tag{1}$$

En la cual v es la velocidad de recesión (retroceso) de la galaxia, H la constante de Hubble y r la distancia de nuestra Vía Láctea con respecto a aquella galaxia con la cual se está realizando la comparación afirmando con esto que el universo se expande [6, 8]. Por lo que el ritmo actual de expansión es H . Hubble fue el primero en medirlo; así que dedujo un valor de 500 kilómetros por segundo por megaparsec (un parsec es igual a 3.26 años luz) es decir que por cada megaparsec de distancia su velocidad de recesión aumenta en 500 km/s. Sin embargo, ese resultado fue muy juzgado y fuera de la realidad, pero contribuyó a que actualmente se hallara uno el cual varía en dos factores, los cuales se encuentran entre 50 y 100. El enigma de esto provoca mucha alteración ya que H es un parámetro clave para estimar la edad y el tamaño del universo [2, 5]. Pero esta incógnita no se quedó así, en 1990 se puso en órbita el telescopio Hubble (TEH) con la finalidad de determinar el valor de H con mayor precisión. Pero ¿Cómo se calcula la expansión del universo a través de esta ley de Hubble? La velocidad de una galaxia se calcula a partir del desplazamiento observado de las líneas de su espectro o bien su radiación electromagnética que emite, es decir, que cuando una galaxia se aleja de nosotros emiten luz desplazada hacia la longitud de ondas mayores (más rojas) [5]. Así que cuanto mayor sea la longitud de onda, mayor será la velocidad de la galaxia. Lo que significa que cuanto más lejos se puedan hacer las medidas de distancia menos será la repercusión en la velocidad de expansión global.



Figura 2: Telescopio Hubble lanzado en 1990 [8].

Por otro lado, con el *Key Project* del TEH que se puso en órbita se sabe que la constante H es 72 debido al ritmo actual de la expansión del universo [5]. Pues, aunque la constante de Hubble constituye a un parámetro principal en los cálculos del universo debemos saber que la determinación de la edad contribuye al ritmo de expansión de hoy en día en prospectiva con el del pasado a lo que se refiere que la expansión puede que se esté acelerando o frenando, ya que se cree que la fuerza gravitacional ha estado frenando la expansión del universo de manera que la expansión habría sido más rápida en el pasado.

Por ello en 1988 dos grupos de astrónomos que estudiaban las supernovas de tipo “Ia” dan a entender que la expansión del universo se acelera. Aunque estudios recientes colaboran que se debe a una fuerza repulsiva que actúa con la gravedad a la cual se le denomina energía oscura a lo que Einstein en tiempos remotos habida nombrado como constante cosmológica (Ω) la cual explica que la energía oscura y la curva del espacio provoca que haya una expansión acelerada.

5. Conclusiones

En este trabajo se da una breve explicación teórica y filosófica acerca de las diferentes teorías que han transcurrido a través de los años ya que desde tiempos remotos se sabía que el universo era un enigma tan sólo por no saber ¿cómo se creó? ¿bajo qué fenómenos físicos, astronómicos y cosmólogos surgió? por lo que después de diferentes teorías e hipótesis de grandes científicos la teoría que más alarmó a la sociedad científica fue la de Hubble. En la cual nos muestra que con su constante podremos obtener la relación de espacio-tiempo calculando la velocidad y luminosidad de una estrella. Así como también muestra que con los precedentes estudios en cada teoría la de relatividad general es sólo una teoría incompleta, pues no nos puede decir cuál es el comienzo del universo haciendo que esto nos haga caer en la teoría del Big Bang la cual actualmente no es completamente aprobada por diferentes científicos. Por lo que lo único en lo cual están correctamente de acuerdo todos aquellos científicos es que: “El universo se expandirá por siempre y si éste fuera a colapsar esto no nos debería de preocupar, ya que tal vez hayamos colonizado más allá de planeta solar o tal vez en 10 mil millones de años la humanidad haya colapsado junto con el Sol”.

Referencias

- [1] Ramón Canal, et al.: *Origen y evolución del universo*. Salvat Editores, 1975.
- [2] Hawking, Stephen: *El Universo en Expansión*. Alianza Editorial, 2005.
- [3] García-Salcedo, R.: *Descripción de la evolución del universo: una presentación para alumnos preuniversitarios*. Lat. Am. J. Phys. Educ., 1:95–100, 2007.
- [4] Nicolás Copernico y revolución del cosmos. https://www.nationalgeographic.com.es/historia/nicolas-copernico-y-revolucion-cosmos_13321/10.
- [5] *La constante de Hubble y la expansión del Universo*. 2015. <http://www.astronoo.com/es/articulos/constante-de-hubble.html>.
- [6] Cortazar, J.: *El comienzo del Universo: El Big Bang*. <https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/7/3074/4.pdf>.
- [7] Couper, Heather: *Big Bang. La historia del universo*. Ed. El ateneo, 1998.
- [8] *El lanzamiento del telescopio espacial Hubble*. <https://www.elmundo.es/elmundo/2009/11/10/ciencia/1257855952.html>.



Alondra Sánchez Martínez

Estudiante de nivel Medio Superior del Centro de Bachillerato Tecnológico Industrial y de Servicios (CBTis) No. 03. Es líder de un capítulo titulado “Mujeres Líderes en STEAM-Tlaxcala” de la “U.S-Mexico Leaders Network” e integrante de la red Internacional “Mujeres Líderes en STEAM”.

Centro de Bachillerato Tecnológico Industrial y de Servicios No.03.

Avenida Universidad No.2, La Loma Xicohtencatl,
Tlaxcala de Xicohténcatl, Tlax. C.P. 90070
alondrasama24@gmail.com

ENTREVISTA AL DR. JESÚS CARRILLO LÓPEZ

Sección Local

Dr. Jesús Carrillo López

Egresado de la licenciatura en electrónica por la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, maestría en el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica en el área de microelectrónica. Y doctorado en el SEES perteneciente al CINVESTAV-IPN. Actualmente es Profesor Investigador en el Posgrado en Dispositivos Semiconductores del Instituto de Ciencias de la Universidad Autónoma de Puebla. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores nivel I.



Revista: Sabemos de su amplia trayectoria. Nos podría hablar brevemente ¿cómo se formó el Posgrado en Dispositivos Semiconductores?

Dr. Carrillo.: Eso sucedió en 1987, cuando el grupo que conformaba el Centro de Investigación en Dispositivos Semiconductores (CIDS), llegó a ser de casi cincuenta investigadores en las áreas de microelectrónica, química, bioelectrónica e instrumentación, que eran las disciplinas básicas que se cultivaban en el Centro. Se consideró que era necesario iniciar una nueva etapa, donde la creación de un posgrado sería importante para la formación de recursos humanos en esas áreas. Desde luego, habría mucho que añadir al respecto.

Revista: ¿Podría hablarnos un poco de su área de investigación?

Dr. C.: Desde la maestría me he dedicado fundamentalmente a los materiales semiconductores, principalmente el silicio, óxidos fuera de estequiometría y estructuras. Inicié fabricando transistores en tecnología bipolar y algunos circuitos integrados que se aplicaron en algunos desarrollos del Centro, como la prótesis de mano. Esto se realizó empleando

la infraestructura que se había fabricado por investigadores del Centro, en el área de microelectrónica. En la actualidad y, desde hace 15 años, una de mis líneas de investigación es en el campo de las celdas solares y los desarrollos de sistemas fotovoltaicos.

Revista: ¿Cuál ha sido el proyecto más grande en el que usted ha trabajado?

Dr. C.: Fue un proyecto de grupo sobre la investigación de óxidos derivados del silicio para usos fotovoltaicos, apoyado por el CONACyT, e integrado por diversos grupos de investigadores de la BUAP, el INAOE y el CINVESTAV. Esto fue en el año 2001.

Revista: ¿Qué tan complicado es trabajar en proyectos tan grandes?

Dr. C.: En la actualidad, la disponibilidad de la infraestructura en equipo que existe en las diversas universidades y centros, así como facilidades en la comunicación y transmisión de información y mecanismos más eficientes de movilidad de profesores y estudiantes, exige sólo una buena coordinación en las diversas actividades

involucradas, y claro, una distribución justa y bien equilibrada de los recursos de apoyo adquiridos entre los grupos que participan en el proyecto.

Revista: ¿Qué lo motivó a hacer una carrera científica?

Dr. C.: Bueno, en realidad eso surgió desde muy joven, por la pasión que siempre he tenido por la física, las matemáticas y, algunos años después, por mi deseo de trabajar para aportar algo al desarrollo sustentable en México.

Revista: ¿Qué piensa sobre la opinión de que la ciencia aplicada es más importante que la ciencia básica?

Dr. C.: Ese punto de vista ha sido muy marcado durante ciertos períodos presidenciales en nuestro país, lo cual no ha sido bueno para el desarrollo de la ciencia básica. Se piensa también, que no es justo que la ciencia básica reciba muchos más recursos que la ciencia aplicada. Creo que son posiciones que más bien se deben a intereses de carácter no científico. La conexión que existe entre ambas ciencias es esencial, pues la ciencia aplicada requiere de la serie de conocimientos obtenidos a partir de la ciencia básica, la cual a su vez, experimenta avances por los hallazgos en la ciencia aplicada. Creo que una prioridad de la sociedad es preparar buenos científicos cultivando una ciencia básica de calidad, para que una ciencia aplicada también de calidad, pueda servir para resolver problemas de interés social.

Revista: ¿Admira a algún científico?

Dr. C.: Desde luego, tengo admiración por mucha gente dedicada a la ciencia. Debo decir que no solamente por científicos altamente reconocidos a lo largo de la historia, sino también por gente mucho más modesta, pero con una vida totalmente dedicada a lograr metas que beneficien al desarrollo científico y con un alto sentido de humanidad, como fue el Dr. Harold Macquintosh en nuestra universidad.

Revista: ¿Qué hobbies tiene?

Dr. C.: Además de la lectura, me gusta mucho trabajar fabricando paneles solares, es una actividad que me sirve para entender y mejorar la técnica, a la vez que esto me permite ofrecer temas de tesis para estudiantes de licenciatura. Bueno, en realidad también disfruto bastante escuchando música; claro, ciertas clases de música.

Revista: ¿Cómo cree usted que un futuro científico debe elegir el área de investigación?

Dr. C.: En principio, la construcción del tema le corresponde al futuro científico. Es necesario que tenga claras sus propias motivaciones, inquietudes e intereses sobre el campo de investigación al que quiere incursionar, pero también debe ser realista sobre sus fortalezas y habilidades para poder realizarlo. Desde luego, el conocimiento del tema es fundamental, por lo que será necesario leer todo lo relacionado al tema en la medida de lo posible. Creo que esto debe dar más certeza sobre el tema elegido, considerando también aspectos como la infraestructura disponible y la viabilidad de investigar en

dicha área. En nuestro país, esta es una situación compleja, pues según mi experiencia, la falta de oportunidades para los egresados de un doctorado o, incluso de un posdoctorado, en ocasiones los obliga a ingresar a trabajar en áreas o líneas de investigación que pueden estar muy alejadas de sus expectativas originales.

Revista: ¿Cuál es el proceso que usted sigue cuando realiza investigación?

Dr. C.: Bien, aparte del formalismo que debe guardar un proceso de investigación en términos de un método y una sistematización, al iniciar una investigación tomo en cuenta aspectos de viabilidad en términos de disponibilidad de infraestructura en equipo, que es fundamental para la obtención del material o para su caracterización. Desde luego, no sólo tomo en cuenta el equipo de nuestro laboratorio, también incluyo equipos de otros centros de nuestra universidad, e incluso de otras instituciones. También considero las características de los estudiantes con los que cuento, así como los recursos económicos. Debo decir que con frecuencia, durante el desarrollo de la investigación, al ir identificando nuevas ideas y resultados, los objetivos originales pueden modificarse algo con la finalidad de lograr mayores alcances. Desde luego, la parte culminante normalmente es la presentación de los resultados en congresos y revistas de prestigio.

Revista: ¿Cuáles han sido de las aportaciones más grandes que ha tenido?

Dr. C.: Bueno, creo que podría decir que en el inicio de mi actividad como profesor e investigador en este Centro, para mí el participar en la creación de una infraestructura para fabricar dispositivos microelectrónicos, con base en una tecnología propia, fue una labor importante. De aquí, el diseñar y fabricar con este equipo un circuito que pudiera controlar los movimientos de una prótesis de mano, también fabricada por nuestro grupo, fue para mí algo muy satisfactorio. Ya más reciente, hace unos diez años, inicié el trabajo sobre la fabricación de paneles solares, así como luminarias con base en LED's. Algunos sistemas para iluminación se han instalado en Ciudad Universitaria y el Eco Campus de nuestra universidad. Es algo que también lo he considerado como algo importante en mi trabajo.

Revista: ¿Cuáles han sido las mayores satisfacciones que ha tenido?

Dr. C.: A lo largo de mi trayectoria como profesor e investigador en este Centro, desde luego que las satisfacciones han estado a la par del trabajo que ha generado crecimiento y desarrollo del Centro, del Posgrado, así como de las aportaciones que individual o colectivamente se han realizado. Creo que en la actividad de docencia, las satisfacciones principales se tienen en la formación de estudiantes que les permite ser buenos investigadores en las áreas que el Posgrado en Dispositivos Semiconductores ofrece, que les ha permitido ingresar en instituciones y centros de investigación de prestigio

en varios puntos de nuestro país; por otro lado, recuerdo que después de haber creado la línea de dispositivos y sistemas fotovoltaicos, trabajando en instalaciones y condiciones muy limitadas, en la actualidad cuento y de hecho para todo el posgrado, con un laboratorio en el Eco Campus de la BUAP, donde existen excelentes condiciones en espacio e infraestructura para continuar en el desarrollo de esta línea de investigación y de aplicaciones fotovoltaicas.

Revista: ¿Usted cree que el estudio de la ciencia está destinada sólo a algunas personas?

Dr. C.: Podría creerse que fuese así, considerando las múltiples diferencias entre las personas y, particularmente, las intelectuales; sin embargo, la ciencia no se ha desarrollado solamente con la contribución de las mentes más brillantes a lo largo de la historia de la humanidad. El núcleo importante de científicos lo compone gente con un nivel de inteligencia modesto, pero con cualidades que pueden ser innatas o que han desarrollado. En principio, cualquiera puede ser científico, sólo se debe apoyar y orientar adecuadamente para lograr potenciar sus habilidades.

Revista: Además de la disciplina, ¿qué otro factor considera que es fundamental para que una persona se pueda desarrollar como científico?

Dr. C.: Creo que hay cualidades que distinguen a alguien dedicado a la ciencia, que generalmente se desarrollan y fortalecen con el tiempo, como la paciencia, tenacidad, determinación, etc. Pero pienso que algo fundamental con que debemos contar para trabajar en la ciencia, es el amor a la profesión y la pasión y dedicación al trabajo.

Revista: ¿Qué opina de la ciencia en México?

Dr. C.: Si bien es cierto que México ha tenido épocas de esplendor en ciencia y tecnología, como fue a principios del siglo XX, así como notables científicos en diversas áreas del conocimiento, en la actualidad se encuentra en un marcado subdesarrollo en esos rubros. Pensando en el enorme potencial humano con que contamos, resulta inconcebible que nuestro país se encuentre en un profundo atraso en materia de ciencia, tecnología e innovación, lo cual se refleja en una pobre autosuficiencia energética o alimentaria, entre otras, así como en la producción de materias primas para medicamentos en el sector salud, lo que nos lleva a una fuerte dependencia al tener que comprar estos productos a otros países. Una limitante importante para mucha gente que trabaja en investigación científica o tecnológica, son los insumos que se emplean, siendo muchos de ellos de difícil adquisición en México o tener restricciones para su importación. La realidad es que los gobiernos en México no han tenido como prioridad el impulsar la ciencia y la tecnología, incluso en áreas estratégicas, como antes lo señalé. En materia de presupuesto para la ciencia, este nunca ha sido suficiente. El desarrollo de la ciencia no ha sido un tema de interés constante para los partidos políticos o los gobiernos en México.

Revista: ¿Cómo está México en cuanto a la educación básica?

Dr. C.: La educación básica en nuestro país es un tema muy complejo, ya que intervienen muchos factores como son las condiciones demográficas, la pobreza que conlleva a desigualdad de oportunidades y, de manera alarmante, la corrupción. Se han logrado avances en cuanto al acceso de la población a este nivel de educación; sin embargo, en materia de calidad, las pruebas internacionales que evalúan a los estudiantes de muchos países, muestran que México tiene uno de los peores puntajes prácticamente en todas las áreas como las matemáticas, las ciencias y la comprensión en la lectura, entre otras. Creo que mucho de esto se debe a que no se ha hecho un esfuerzo importante en incrementar la calidad de la educación básica, además de que la estructura educativa y la política educativa se modifican a los intereses del Gobierno en cada sexenio. Esto ha traído muchos rezagos de diversa índole. Los retos para lograr un buen funcionamiento en la estructura educativa, en el nivel de educación básica, comprenden aspectos sobre insuficiencia de personal docente, actualización de programas y planes de estudio, infraestructura y servicios básicos (salones de clase dignos y existencia de baños) en las escuelas, particularmente en el medio rural, así como salarios justos para los docentes, nivel académico de los profesores, entre otros; pero algo fundamental, es eliminar la corrupción en los sindicatos y autoridades. Creo que Corea del Sur es un buen ejemplo de querer hacer bien las cosas, ya que en los años 60 estaba en el mismo nivel de calidad educativa a nivel básico que México. Actualmente es un ejemplo de país a nivel de igualdad, producción y crecimiento económico.

Revista: ¿Qué opina de la participación de la mujer en la ciencia?

Dr. C.: La participación de la mujer en la ciencia es en la actualidad, afortunadamente, un tema cada vez más claro y mayormente aceptado, donde se hace evidente el papel clave que la mujer tiene en la generación de nuevo conocimiento, innovación y producción científica de alto nivel. Es importante señalar que México es uno de los países donde se han tomado acciones a nivel de Sociedades, el Gobierno a través de la Legislación, las políticas y Programas, para reconocer el acceso pleno y el papel fundamental de las mujeres en las áreas de la Ciencia y la Tecnología.

Revista: ¿Cómo cree usted que se debe divulgar la ciencia?

Dr. C.: Bueno, son diversos medios los que se emplean para la divulgación de la ciencia, como son los medios masivos que emplean la radio y la televisión y desde luego, en los últimos años, el Internet juega un papel preponderante. Los medios escritos como revistas y artículos, así como a través de talleres y conferencias; incluso en los museos se realiza la divulgación de la ciencia. Considero que cada medio tiene sus ventajas particulares y, en mucho, finalmente cada quien decide que medio utilizar para su mayor comodidad y conveniencia. En el caso específico de las universidades, creo que la divulgación de

la ciencia, como puede ser la serie de resultados obtenidos por sus investigadores, realización de conferencias, seminarios, cursos o talleres, se efectúa a través de los departamentos de divulgación, e incluso grupos de profesores y estudiantes de la universidad. Creo que este es un medio bastante efectivo a través del cual se puede divulgar la ciencia no sólo a la comunidad universitaria, sino a la población en general.

Revista: ¿Tiene alguna anécdota como estudiante?

Dr. C.: Seguro, tengo muchas anécdotas, algunas divertidas, otras tristes y también anécdotas con las que recuerdo a mis profesores de la Escuela de Física, como el caso con el Ingeniero Luis Rivera Terrazas, cuando era Rector de nuestra universidad. El debía atender asuntos propios de cargo, pero a la vez tenía como carga académica el curso de Astronomía en el grupo que yo estaba. Encontró una solución para atender simultáneamente estos deberes: impartir su clase en el salón de rectoría, mientras nuestros asientos eran unos escalones de madera.

Revista: Entre la docencia y la investigación ¿qué prefiere?

Dr. C.: Ambas actividades han sido igualmente apasionantes desde el inicio de mi vida profesional.

Revista: ¿Algún libro de literatura que recomiende?

Dr. C.: Me gusta mucho la literatura científica. Hay un libro que leí hace algunos meses de Stephen Hawking; habla con su personal punto de vista sobre las aportaciones de Albert Einstein en algunas ramas de la física. Se llama “La Gran Ilusión”. Es un libro interesante.

El comité editorial agradece al Dr. Jesús Carrillo López la amabilidad que ha tenido al dedicar parte de su valioso tiempo a esta entrevista.

Los invitamos a leer nuestros números anteriores:



<http://www.ifuap.buap.mx/vinculacion/revistaCon-ciencia.php>

SOBRE LA FORMA DE LAS ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS

Sección Hablando de...

Olivo Rojas Hernández

Resumen

En este artículo se considera como a partir de las ecuaciones de Maxwell se pueden obtener las ecuaciones de onda correspondientes y se analiza en el caso particular de una partícula cargada oscilante, la forma de las líneas correspondientes a los campos eléctrico y magnético en las ondas electromagnéticas generadas.

1. Introducción

Desde nuestra vista hasta el WiFi, además del Láser, rayos-X, el radar o los no tan conocidos rayos T, entre otras muchas aplicaciones nos muestran la importancia que ha tenido y continúa teniendo, este particular aspecto de la luz en el desarrollo tecnológico. Pero te has preguntado alguna vez ¿qué forma tiene la luz? en las siguientes líneas se tratará de dar una parte de la respuesta. La luz o radiación electromagnética presenta una naturaleza dual ondulatoria-corpúscular, una de las formas de generar ondas electromagnéticas es mediante la aceleración de cargas eléctricas, la cual se presenta en las corrientes oscilantes de circuitos eléctricos como el utilizado por el físico alemán Heinrich Hertz en el año 1887 en el descubrimiento de las ondas electromagnéticas [1].

2. Las ecuaciones de ondas electromagnéticas

Debido a que la relaciones entre las cargas eléctricas y los campos entre si son descritas por las ecuaciones de Maxwell. Para tratar de entender mejor la forma de las ondas electromagnéticas, se tomará como punto de partida la deducción de las ecuaciones de ondas a partir de las ecuaciones de Maxwell:

ley de Gauss,

$$\nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}, \quad (1)$$

ley de Gauss del magnetismo,

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0, \quad (2)$$

ley de Faraday,

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \quad (3)$$

y ley de Ampère-Maxwell,

$$\nabla \times \mathbf{B} = \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} + \mu_0 \vec{J}_c. \quad (4)$$

Para obtener la ecuación de onda para \mathbf{E} se realiza lo siguiente:

Aplicar el rotacional en ambos lados de la ecuación (3),

$$\nabla \times (\nabla \times \mathbf{E}) = \nabla \times \left(-\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}\right). \quad (5)$$

Intercambiar el orden de los operadores

$$\nabla \times (\nabla \times \mathbf{E}) = -\frac{\partial (\nabla \times \mathbf{B})}{\partial t}. \quad (6)$$

Sustituir el valor de $\nabla \times \mathbf{B}$ de la ecuación (4)

$$\nabla \times (\nabla \times \mathbf{E}) = -\frac{\partial (\epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} + \mu_0 \vec{J}_c)}{\partial t}, \quad (7)$$

$$\nabla \times (\nabla \times \mathbf{E}) = -\epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial t^2} - \mu_0 \frac{\partial \vec{J}_c}{\partial t}. \quad (8)$$

Aplicar identidad vectorial $\mathbf{a} \times (\mathbf{b} \times \mathbf{c}) = (\mathbf{a} \cdot \mathbf{c})\mathbf{b} - (\mathbf{a} \cdot \mathbf{b})\mathbf{c} \rightarrow \nabla \times (\nabla \times \mathbf{A}) = \nabla(\nabla \cdot \mathbf{A}) - (\nabla \cdot \nabla)\mathbf{A}$

$$\nabla \times (\nabla \times \mathbf{E}) = \nabla(\nabla \cdot \mathbf{E}) - (\nabla \cdot \nabla)\mathbf{E} = \nabla\left(\frac{\rho}{\epsilon_0}\right) - (\nabla \cdot \nabla)\mathbf{E}, \quad (9)$$

$$\nabla\left(\frac{\rho}{\epsilon_0}\right) - (\nabla \cdot \nabla)\mathbf{E} = -\epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial t^2} - \mu_0 \frac{\partial \vec{J}_c}{\partial t}, \quad (10)$$

debido a que las ondas se pueden propagar en el espacio vacío tanto $\frac{\rho}{\epsilon_0} = 0$ como $\nabla\left(\frac{\rho}{\epsilon_0}\right) = 0$ y $\mu_0 \frac{\partial \vec{J}_c}{\partial t} = 0$ por lo que de (10) se obtiene

$$(\nabla \cdot \nabla)\mathbf{E} = \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial t^2}. \quad (11)$$

Que también puede expresarse como

$$\nabla^2 \mathbf{E} - \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2}{\partial t^2} \mathbf{E} = \mathbf{0} \quad (12)$$

$$\nabla^2 (E_x, E_y, E_z) - \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2}{\partial t^2} (E_x, E_y, E_z) = (0, 0, 0) \quad (13)$$

Al desarrollar el operador ∇^2

$$\left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y}, \frac{\partial}{\partial z}\right) \cdot \left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y}, \frac{\partial}{\partial z}\right) = \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}\right), \quad (14)$$

y sustituir en (13). De forma desarrollada

$$\begin{aligned} \nabla^2 \mathbf{E} = & \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right) (E_x, E_y, E_z) = \\ & \left(\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right) E_x, \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right) E_y, \right. \\ & \left. \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right) E_z \right) \end{aligned} \quad (15)$$

Con lo cual la ecuación (12) queda como

$$\begin{aligned} & \left(\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} E_x + \frac{\partial^2}{\partial y^2} E_x + \frac{\partial^2}{\partial z^2} E_x \right), \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} E_y + \frac{\partial^2}{\partial y^2} E_y + \frac{\partial^2}{\partial z^2} E_y \right), \right. \\ & \left. \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} E_z + \frac{\partial^2}{\partial y^2} E_z + \frac{\partial^2}{\partial z^2} E_z \right) \right) - \left(\epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2}{\partial t^2} E_x, \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2}{\partial t^2} E_y, \right. \\ & \left. \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2}{\partial t^2} E_z \right) = \mathbf{0} \end{aligned} \quad (16)$$

Que en términos de sus componentes se puede escribir como

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2}{\partial x^2} E_x + \frac{\partial^2}{\partial y^2} E_x + \frac{\partial^2}{\partial z^2} E_x &= \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2}{\partial t^2} E_x \\ \frac{\partial^2}{\partial x^2} E_y + \frac{\partial^2}{\partial y^2} E_y + \frac{\partial^2}{\partial z^2} E_y &= \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2}{\partial t^2} E_y \\ \frac{\partial^2}{\partial x^2} E_z + \frac{\partial^2}{\partial y^2} E_z + \frac{\partial^2}{\partial z^2} E_z &= \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2}{\partial t^2} E_z \end{aligned} \quad (17)$$

El sistema de ecuaciones diferenciales parciales (17) determina el comportamiento de las componentes del vector de campo eléctrico en las ondas electromagnéticas.

Las ondas electromagnéticas pueden ser generadas por distintas fuentes como son: cargas aceleradas, dipolos oscilantes, corrientes variables en distintos tipos de antenas y otras. El caso más simple, sería el de una sola partícula cargada y acelerada que es el que se desarrollara a continuación (Figura 1), algunos de los otros tipos de fuentes podrían analizarse aplicando el principio de superposición de campos como combinación de cargas aceleradas.

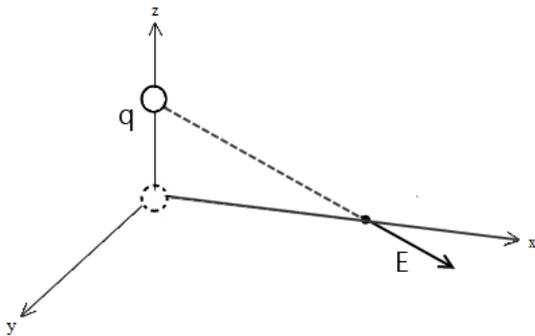


Figura 1: Campo eléctrico de una carga oscilante con movimiento sobre el eje z .

2.1. Ondas electromagnéticas generadas por la aceleración de una partícula cargada oscilante

Debido a que ya se tienen las ecuaciones (17) para el campo eléctrico, se aplicaran al campo de la carga. El campo eléctrico en un punto del espacio (x, y, z) generado por una partícula localizada en $(0, 0, 0)$ es

$$\mathbf{E} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0(x^2 + y^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}}(x, y, z). \quad (18)$$

Si la partícula oscila en forma senoidal con una amplitud de pico a pico $2b$ muy pequeña en dirección del eje z , en un punto sobre el eje x se tendría a una pequeña distancia de la carga un campo como el mostrado en la Figura 1 (la distancia se considera pequeña debido a que no se toma en cuenta el efecto de retardo en el campo),

$$\mathbf{E} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0(x^2 + y^2 + z(t)^2)^{\frac{3}{2}}}(x, y, z(t)), \quad (19)$$

con $z(t) = b \sin \omega t$

$$\begin{aligned} \mathbf{E}(t) &= \left(\frac{q}{4\pi\epsilon_0(x^2 + (b \sin \omega t)^2)^{\frac{3}{2}}} x, 0, \frac{-qb \sin \omega t}{4\pi\epsilon_0(x^2 + (b \sin \omega t)^2)^{\frac{3}{2}}} \right) \\ &= (E_x, E_y, E_z) \end{aligned} \quad (20)$$

al sustituir \mathbf{E} de (20) en (17) se obtiene

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2}{\partial x^2} E_x + \frac{\partial^2}{\partial y^2} E_x + \frac{\partial^2}{\partial z^2} E_x &= \frac{\partial^2}{\partial x^2} E_x + 0 + \frac{\partial^2}{\partial z^2} E_x \\ &= \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2}{\partial t^2} E_x \end{aligned} \quad (21)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2}{\partial x^2} E_y + \frac{\partial^2}{\partial y^2} E_y + \frac{\partial^2}{\partial z^2} E_y &= 0 + 0 + 0 \\ &= \epsilon_0 \mu_0 0 \end{aligned} \quad (22)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2}{\partial x^2} E_z + \frac{\partial^2}{\partial y^2} E_z + \frac{\partial^2}{\partial z^2} E_z &= \frac{\partial^2}{\partial x^2} E_z + 0 + \frac{\partial^2}{\partial z^2} E_z \\ &= \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2}{\partial t^2} E_z \end{aligned} \quad (23)$$

O bien

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2} E_x + \frac{\partial^2}{\partial z^2} E_x = \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2}{\partial t^2} E_x \quad (24)$$

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2} E_z + \frac{\partial^2}{\partial z^2} E_z = \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2}{\partial t^2} E_z \quad (25)$$

La parte izquierda muestra un campo eléctrico cuyas componentes x y z cambian en las direcciones de x y z , pueden distinguirse tanto componentes transversales como longitudinales. Los miembros de la derecha de (24) y (25) indican que la perturbación eléctrica tiene componentes en las direcciones de los eje x y z que son variables en el tiempo.

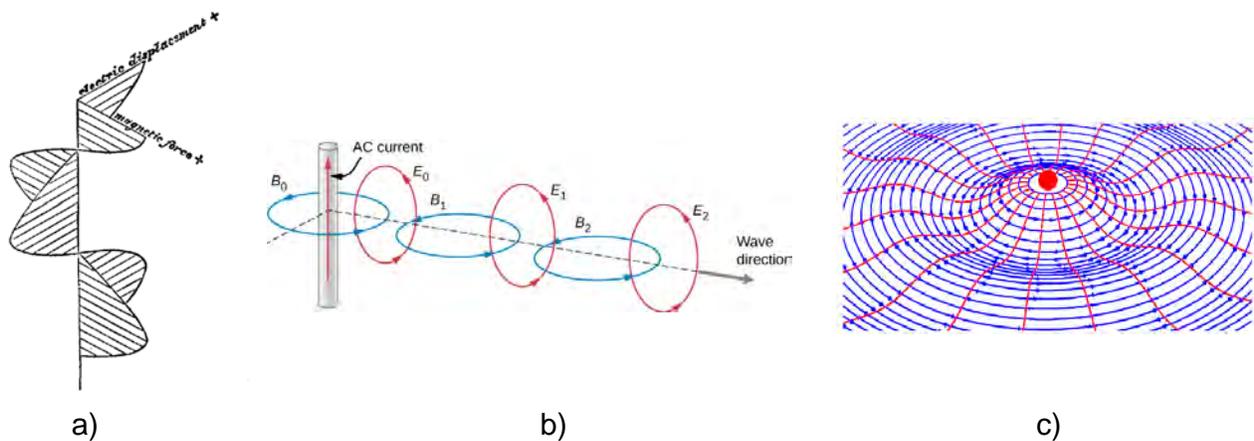


Figura 2: Diferentes representaciones de una onda electromagnética a) James Clerk Maxwell en el volumen 2 “*A Treatise on Electricity & Magnetism*” propone la forma para una onda electromagnética plana [1]. b) Imagen tomada de [2], la cual coincide con la imagen de la pág. 563 de [3] “esquema de algunas líneas de campo eléctrico y magnético vinculadas para una onda electromagnética que se propaga a la derecha. Born (1924)”. c) forma alternativa propuesta por el autor para una partícula cargada oscilante.

Para el campo magnético el procedimiento es

Aplicar el rotacional a (4)

$$\nabla \times (\nabla \times \mathbf{B}) = \nabla \times \left[\mu_0 \left(\vec{J} + \epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \right) \right] \quad (26)$$

sustituir (3)

$$\nabla \times \nabla \times \mathbf{B} = \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial (\nabla \times \mathbf{E})}{\partial t} = -\epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2 \mathbf{B}}{\partial t^2} \quad (27)$$

y aplicando la identidad vectorial mencionada anteriormente

$$\nabla (\nabla \cdot \mathbf{B}) - \nabla^2 \mathbf{B} = -\epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2 \mathbf{B}}{\partial t^2} \quad (28)$$

Usando la expresión (2) tenemos

$$\nabla^2 \mathbf{B} = \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2 \mathbf{B}}{\partial t^2} \quad (29)$$

Para la carga oscilante se tiene

$$\mathbf{B} = \frac{\mu_0 q v \times r}{4\pi r^3} \quad (30)$$

$$\vec{v} \times \vec{r} = (0, 0, -qb\omega \cos \omega t) \times (x, 0, -qb \sin \omega t) = (0, -xqb\omega \cos \omega t, 0) \quad (31)$$

$$B(t) = (0, \frac{-\mu_0 q x q b \omega \cos \omega t}{4\pi (x^2 + z(t)^2)^{\frac{3}{2}}} x, 0) = (B_x, B_y, B_z) \quad (32)$$

$$B(t) = (0, \frac{-\mu_0 q x q b \omega \cos \omega t}{4\pi (x^2 + (b \sin \omega t)^2)^{\frac{3}{2}}} x, 0) = (B_x, B_y, B_z) \quad (33)$$

Al sustituir en el sistema resulta

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2}{\partial x^2} B_x + \frac{\partial^2}{\partial y^2} B_x + \frac{\partial^2}{\partial z^2} B_x &= \frac{\partial^2}{\partial x^2} 0 + \frac{\partial^2}{\partial y^2} 0 + \frac{\partial^2}{\partial z^2} 0 \\ &= \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2}{\partial t^2} 0 \end{aligned} \quad (34)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2}{\partial x^2} B_y + \frac{\partial^2}{\partial y^2} B_y + \frac{\partial^2}{\partial z^2} B_y &= \frac{\partial^2}{\partial x^2} B_y + 0 + \frac{\partial^2}{\partial z^2} B_y \\ &= \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2}{\partial t^2} B_y \end{aligned} \quad (35)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2}{\partial x^2} B_z + \frac{\partial^2}{\partial y^2} B_z + \frac{\partial^2}{\partial z^2} B_z &= \frac{\partial^2}{\partial x^2} 0 + \frac{\partial^2}{\partial y^2} 0 + \frac{\partial^2}{\partial z^2} 0 \\ &= \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2}{\partial t^2} 0 \end{aligned} \quad (36)$$

O bien

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2} B_y + \frac{\partial^2}{\partial z^2} B_y = \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2}{\partial t^2} B_y \quad (37)$$

La parte izquierda muestra un campo magnético cuyas componentes y cambian en las direcciones de x y z que además corresponde a una onda transversal. El lado derecho que la perturbación magnética tiene dirección del eje y y es variable en el tiempo, aunque para tomar en cuenta el tiempo de retardo se debería reemplazar t por un término de la forma $t + \sqrt{x^2 + (b \sin \omega t)^2}/c$ aunque para distancias $\sqrt{x^2 + (b \sin \omega t)^2}/c \ll t$ se puede despreciar el efecto de retardo, por ser muy pequeño en comparación con t . Si la frecuencia de la onda es muy alta el efecto de retardo se incrementa, pero no anula a las componentes de la perturbación misma, por lo cual al menos alguna componente longitudinal de E podría existir, como se propone en [4].

3. Análisis e interpretación geométrica

En a) de la figura 2 se muestra la representación de una onda electromagnética, al parecer es la más extendida y conocida, hay una coincidencia con las ecuaciones (11) y (12) para valores grandes de x , debido a que la componente z mantiene su influencia en la oscilación, mientras que la variación de de la componente E_x tiende a anularse, dando como resultado una onda transversal. Algo que debe tomarse en cuenta es que los bordes o curvas con forma senoidal de a) en la figura 1 no corresponden ni a campo magnético ni eléctrico (desplazamiento). Las líneas rectas si representan la dirección de los campos eléctrico y magnético.

Creo que en b) de la figura 2 se hizo un intento por representar el hecho de que tanto las ecuaciones (1) como (2) con $\rho = 0$ implican que sus respectivos campos vectoriales no tienen fuentes o sumideros cuando no hay presentes partículas cargadas. No parece ser simétrica respecto a la fuente de campo.

Finalmente en c) de la figura 2 se muestra un campo magnético que corresponde al generado por una partícula que se mueve con rapidez v cuando $a \rightarrow 0$ y un campo magnético que corresponde al generado por una partícula sin movimiento cuando $b \rightarrow 0$.

4. Conclusiones

Los esquemas y modelos nos ayudan a entender mejor los fenómenos físicos algunas veces enfatizando aspectos de los mismos. Del análisis realizado se puede decir que las ecuaciones obtenidas son un indicio de cómo podría ser la onda electromagnética, cerca de la fuente, además de que confirma lo que se sabe respecto a la forma de la onda lejos de la fuente de campo.

Referencias

- [1] Maxwell, J. C.: *A Treatise on Electricity and Magnetism*, Vol. 2. Cambridge University Press, 2010.
- [2] Septiembre 2019. https://phys.libretexts.org/@api/deki/files/8521/CNX_UPhysics_33_01_WaveMech.jpg?revision=129.
- [3] Zangwill, A.: *Modern Electrodynamics*. Cambridge University Press, 2013.
- [4] Wang, H., Shi, L., Lukyanchuk, B., Sheppard, C. y Chong, C. T.: *Creation of a needle of longitudinally polarized*

light in vacuum using binary optics. Nature Photonics, 2:501–505, 2008.

- [5] Serway, R. A. y Jewett, J. W.: *Física para Ciencias e Ingeniería tomo II*. 6ta ed. edición.
- [6] Army, United States. Department of the: *C-W and A-M Radio Transmitters and Receivers*. C-W and A-M Radio Transmitters and Receivers. Department of the Army, 1952.
- [7] Kelly, H.C.: *A Textbook in Electricity and Magnetism*. John Wiley & Sons, Inc., 1941.



Olivo Rojas Hernández

Realizó el servicio social en la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma Del Estado De México, en un proyecto de desarrollo de software de visualización matemática. Obtuvo el grado de Licenciado en Física por misma Facultad con el tema de tesis “Dinámica De Estructuras Solitónicas En Sistemas Moleculares”. De 2015 a la fecha es profesor en el Instituto Tecnológico de Toluca donde imparte las materias de matemáticas y física. Ha sido parte del comité de revisión técnica del libro: Ecuaciones diferenciales con aplicaciones de modelado en su Decimoprimera edición Dennis G. Zill. Sus áreas de interés son: la investigación teórica sobre captación de energía solar mediante nanoantenas, el átomo de hidrógeno, las ondas electromagnéticas y la fuerza de gravedad.

Instituto Tecnológico de Toluca

Av. Tecnológico s/n. Col. Agrícola Bellavista Metepec,
Edo. De Mexico, México, C.P. 52149
azulcielo1989@gmail.com

¿SISTEMA INMUNE INNATO? CONOCE SUS CARACTERÍSTICAS NEGADAS POR DÉCADAS

Sección Actualidad

Claudio Eduardo Carbajal Calzada

Resumen

Por décadas, el sistema inmune innato ha sido categorizado como un sistema primitivo e inespecífico. Actualmente, diversos grupos de investigación han mostrado evidencia contundente sobre la capacidad del sistema inmune innato para desarrollar memoria inmunológica y especificidad.

Los seres humanos somos considerados increíbles máquinas humanas por diferentes razones. Por ejemplo, poseemos diversos mecanismos de defensa que nos protegen de microorganismos patógenos y otros agentes tóxicos, para incrementar así nuestra supervivencia desde el preciso momento en que nacemos (Figura 1). Entre los mecanismos de defensa que poseemos, el más especializado es el sistema inmunológico. Al día de hoy, se ha dividido el sistema inmune en dos secciones, en sistema inmune innato (S.I. innato) y sistema inmune adaptativo (S.I. adaptativo).

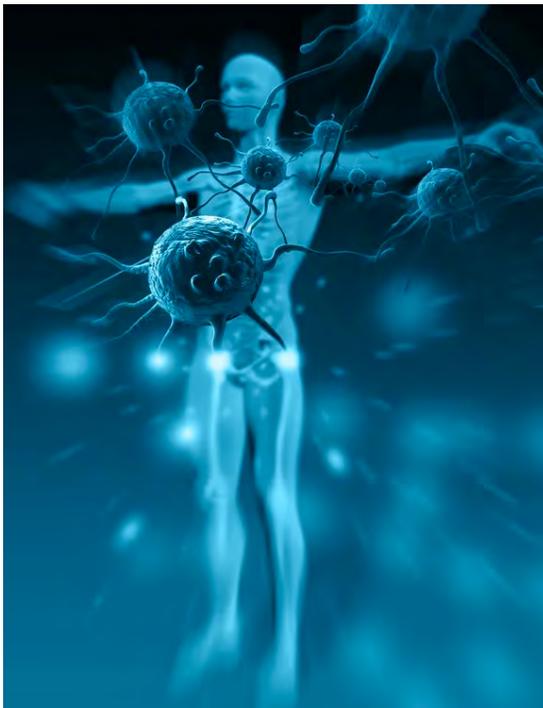


Figura 1: Mecanismos de defensa. La mayoría de los seres humanos presentan los diversos mecanismos de defensa los cuales aseguran la supervivencia desde el preciso momento en que nacemos (espaciociencia.com/la-memoria-inmunologica/, 2019).

1. Diferencias entre el S.I. innato y el S.I. adaptativo

Ambos sistemas hacen referencia a dos respuestas inmunes similares, pero a la vez diferentes; es denominado sistema inmune innato a los mecanismos de defensa que poseemos desde el momento en el que nacemos. Por otro lado, es denominando sistema inmune adaptativo a los mecanismos que adquirimos por exposición a diversos agentes infecciosos y sustancias dañinas a lo largo de nuestra vida. Es así que por décadas ha sido establecida una dicotomía entre el S.I. innato y el S.I. adaptativo, una dicotomía que establece diferencias y características particulares de cada sistema inmune (Tabla 1) [1]. De esta manera, el S.I. innato ha sido categorizado por años como un sistema primitivo e inespecífico, y en comparación con el S.I. adaptativo, sin la capacidad de adquirir memoria inmunológica.

Cuadro 1: Dicotomía entre el S.I. innato y el S.I. adaptativo.

| Sistema inmune innato | Sistema inmune adaptativo |
|--|-----------------------------------|
| ● Respuesta temprana | ● Respuesta tardía |
| ● Inespecífico | ● Específico |
| ● No autorreactivo, pero con alta capacidad inflamatoria | ● Autorreactivo |
| ● No desarrolla memoria inmunológica | ● Desarrolla memoria inmunológica |

Actualmente, diversos estudios han mostrado evidencia contundente sobre la capacidad del S.I. Innato para ser incluso más específico que el S.I. adaptativo, poder adaptarse y poseer memoria inmunológica, cuya última capacidad se le ha denominado Inmunidad Entrenada o Memoria del Sistema Inmune Innato (*Trained immunity o Innate Immune Memory*) [2]. De esta forma, las nuevas características para ambos sistemas se han actualizado en recientes años (Tabla 2).

Cuadro 2: Actualización de la dicotomía entre el S.I. innato y el S.I. adaptativo.

| Sistema inmune innato | Sistema inmune adaptativo |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Respuesta temprana | <ul style="list-style-type: none"> • Respuesta tardía |
| <ul style="list-style-type: none"> • Especificidad amplia (PAMS-DAMS) | <ul style="list-style-type: none"> • Específico |
| <ul style="list-style-type: none"> • No autorreactivo, pero con alta capacidad inflamatoria | <ul style="list-style-type: none"> • Autorreactivo |
| <ul style="list-style-type: none"> • Desarrolla memoria inmunológica <i>Trained immunity - Innate immune memory</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Desarrolla memoria inmunológica |

2. Diferencias entre la especificidad en el S.I. innato y el S.I. adaptativo

Las células T y las células B, principales representantes del S.I. adaptativo, se han caracterizado por poseer una especificidad alta contra microorganismos después de una reinfección, es decir que son capaces de reconocer de manera precisa la identidad del agente extraño presente en el cuerpo humano tras una re-infección. Por otro lado, se consideraban a las células pertenecientes al sistema inmune innato como inespecíficas, dado a que se creía que no eran capaces de reconocer de manera específica la identidad del agente extraño a pesar de ser las primeras células en actuar para protegernos. Actualmente se sabe que la especificidad de las células pertenecientes al S.I. innato es mayor, dado a que son capaces de reconocer Patrones Moleculares Asociados a Peligro y Patrones Moleculares Asociados a Patógenos, DAMPS y PAMPS por sus siglas en inglés, respectivamente [3].

Los DAMPS involucran moléculas excretadas por las células cuando han sido afectadas por patógenos u otros agentes tóxicos. Por otro lado, los PAMPS involucran moléculas que son propiamente encontradas en diversos microorganismos. Es así, que las células del sistema inmune son incluso más específicas que las células T y B, ya que reconocen señales específicas de patógenos y señales específicas de peligro en una gama amplia [3].

3. Diferencias entre la memoria inmunológica en el S.I. innato y el S.I. adaptativo

La memoria del S.I. innato se define como la capacidad para adaptar su función después de haber estado expuesto frente a un agente extraño, es decir, el desarrollo de una protección contra una re-infección. Es así que la memoria del S.I. innato se

basa en un aumento en la intensidad de reacción al detectar una re-infección, en contraste con la memoria del S.I. adaptativo, la cual se basa en detectar de manera específica la identidad del agente extraño u otro agente tóxico en un segundo contacto (Figura 2) [2].

Por otro lado, podemos mencionar otras diferencias entre la memoria inmunológica del S.I. innato y adaptativo. Por ejemplo, dado a que ocurre en el S.I. innato, las células que adquieren esta memoria son células pertenecientes a este sistema, específicamente monocitos, macrófagos, células Natural Killer y células linfoides innatas (ILC-2 y ILC-3). Por otro lado, podemos mencionar que el tiempo de la memoria en el S.I. Innato dura semanas o meses en lugar de años como ocurre en el S.I. adaptativo. Finalmente, una característica esencial, probablemente la más importante de la memoria del S.I. innato se basa es una protección contra el agente extraño en la primera infección, pero también contra agentes extraños que presenten los mismos PAMPS que el primer agente extraño [2].

4. Historia de la memoria inmune innata (MII)

El descubrimiento de la memoria inmune innata surgió en plantas, dado a que diversos investigadores observaron que estos seres vivos eran capaces de recordar interacciones anteriores con agentes extraños, cuestión rara debido a que las plantas no poseen circulación sanguínea ni S.I. adaptativo, sólo S.I. innato. Tiempo más tarde, describieron el sistema adquirido sistemático, por sus siglas en inglés SAR, el cual actúa como memoria inmunológica del S.I. Innato en estos seres vivos [4]. Tiempo más tarde se describió en vertebrados, específicamente en ratones, que la MII era inducida por el Beta-glucano y desarrollaba protección contra *Staphylococcus aureus*, de igual forma que la molécula flagelina podía inducir protección contra *Streptococcus pneumoniae* y rotavirus. Finalmente, en humanos los ejemplos más claros son las vacunas contra la viruela y la vacuna contra la tuberculosis, conocida como Anti-tuberculosis vaccine *Bacillus Calmette-Guérin (BCG)*, cuyas vacunas protegen contra otras enfermedades y no sólo para las que fueron creadas [4]. Fue así que el carácter no específico de estos eventos aportó hechos en contra de la memoria inmunológica clásica (adaptativa), ya se sugirió que la activación de mecanismos inmunes innatos no específicos explicaban estos hechos.

5. ¿Cómo el sistema inmune innato adquiere memoria inmunológica?

Tras una infección o vacunación, ocurren cambios moleculares en las células del sistema inmune innato, provocando una reprogramación epigenética. Dichos cambios moleculares coadyuvan a aumentar la intensidad de la

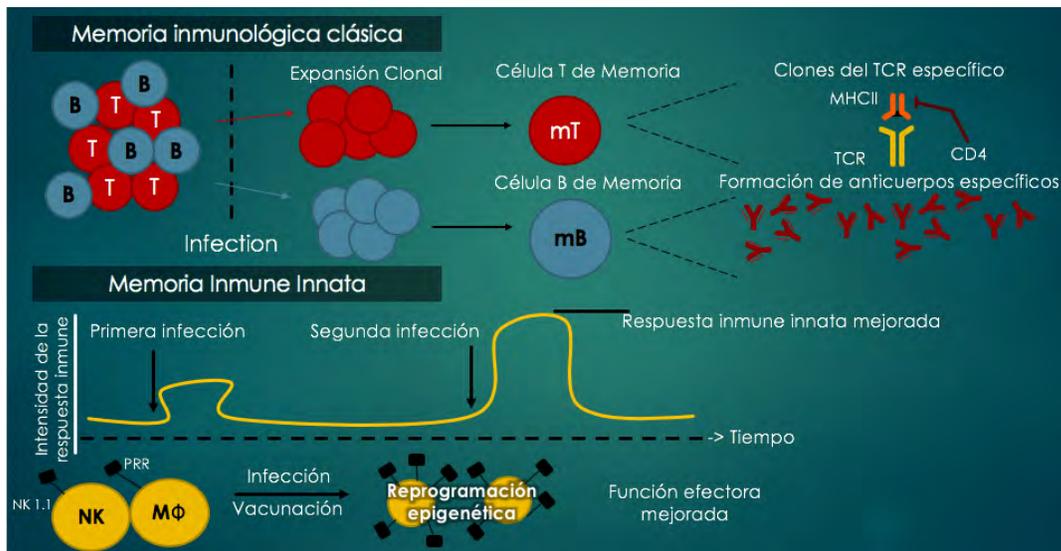


Figura 2: Diferencias entre la memoria adaptativa e innata. La memoria inmune se desarrolla de diferentes maneras en cada S.I., siendo recombinación genética para la memoria clásica (adaptativa) y reprogramación epigenética para la memoria innata (Adaptada de referencia [2]).

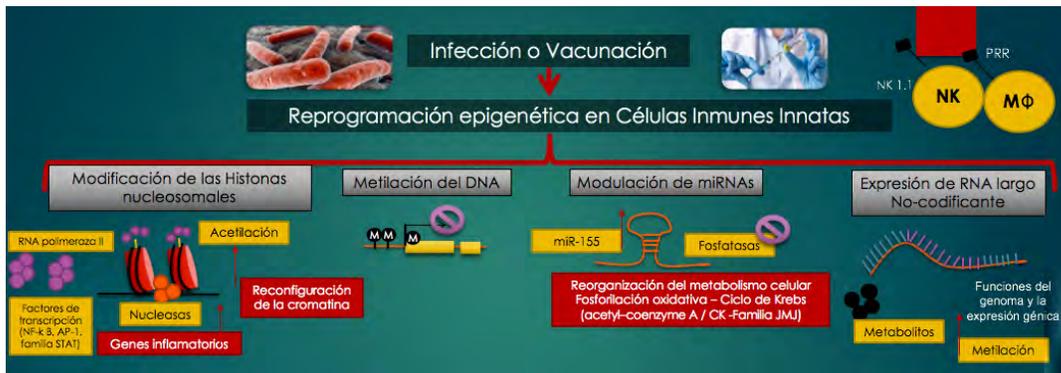


Figura 3: Adquisición de la memoria en el S.I. innato. El proceso de adquisición de memoria entrenada por parte de las células pertenecientes al S.I. innato está basado ampliamente en cuatro procesos epigenéticos principales que surgen a partir de una primera infección o vacunación (Adaptada de referencia [2]).

respuesta del sistema inmune innato. La reprogramación epigenética involucra eventos como la modificación de las histonas nucleosomales (aumento de expresión de genes pro-inflamatorios), metilación del DNA (inhibición de genes que disminuyen la respuesta inmune), modulación de miRNAs como miR-155, el cual disminuye la actividad de fosfatasa que impacta el metabolismo celular provocando la síntesis de la “acetil-coenzima A” que beneficia a la modificación de histonas nucleosomales, así como la expresión de RNA largos no codificantes los cuales aumenta la expresión de metiltransferasas y por ende, aumenta la metilación del DNA en estas células (Figura 3)[2].

creciendo exponencialmente alrededor del mundo. Desde la descripción de estas características, diversos grupos de investigación comenzaron a cuestionarse la posible utilidad en contra de los diversos agentes patógenos, así como el papel que presenta en las enfermedades autoinmune. Es así que hoy en día, la memoria inmunológica innata y su especificidad toma presencia como un nuevo enfoque terapéutico en contra de diversas enfermedades mediante la creación de vacunas de nueva generación, las cuales combinen la memoria inmune innata y adaptativa.

6. Conclusiones

Actualmente, la importancia de la especificidad y de la memoria inmunológica del sistema inmune innato está

Referencias

[1] Beutler, B.: *Innate immunity: an overview*. Mol Immunol., 40:845–859, 2004.

- [2] Mihai G. Netea, Leo A. B. Joosten, Eicke Latz Kingston H. G. Mills Gioacchino Natoli Hendrik G. Stunnenberg Luke A. J. O'Neill Ramnik J. Xavier: *Trained immunity: A program of innate immune memory in health and disease*. *science*, 352:aaf1098, 2016.
- [3] Bianchi, M. E.: *DAMPs, PAMPs and alarmins: all we need to know about danger*. *J. Leukoc. Biol.*, 81:1–5, 2007.
- [4] Netea, Mihai G. y Meer, Jos W.M. van der: *Trained Immunity: An Ancient Way of Remembering*. *Cell Host & Microbe*, 21:297 – 300, 2017.



Claudio Eduardo Carbajal Calzada

Egresado de la Lic. en Ciencias Químico Biológicas y de la Lic. en Letras Inglesas de la Universidad Autónoma de Guerrero y del Centro de Idiomas Extranjeros “Ignacio Manuel Altamirano” respectivamente. Estudió recientemente la Maestría en Biología Molecular y Biomedicina en la Universidad de Cantabria en Santander, España. Cabe señalar que ha impartido diversos talleres y conferencias a nivel nacional e internacional. Además, ha realizado estancias académicas y culturales en EE.UU., Canadá, Colombia, España e Inglaterra. Actualmente es presidente y fundador de Fundación IDEA JOVEN – México.

**Facultad de Medicina de la Universidad de Cantabria
Santander, España
claudio_carbajal@hotmail.com**

Convocatoria abierta

<https://icup.buap.mx/posgrado-en-dispositivos-semiconductores>

Convocatoria 2020

Instituto de Física 'Ing. Luis Rivera Terrazas'

Maestría en Ciencias:

- en Física
- en Ciencia de Materiales

Doctorado en Ciencias:

- en Física
- en Ciencia de Materiales

Áreas de investigación:

- Física Computacional
 - Física Teórica
- Física de Materia Condensada
- Materiales Avanzados: Aplicaciones y Modelado
 - Propiedades de Materiales



<http://www.ifuap.buap.mx/posgrados/AdmisionMaestria.php>
<http://www.ifuap.buap.mx/posgrados/AdmisionDoc.php>

CALENDARIO ESCOLAR 2020 | POSGRADO

| ENERO | | | | | | | FEBRERO | | | | | | | MARZO | | | | | | | ABRIL | | | | | | | MAYO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|--|--|--|
| Lun | Mar | Mié | Jue | Vie | Sáb | Dom | Lun | Mar | Mié | Jue | Vie | Sáb | Dom | Lun | Mar | Mié | Jue | Vie | Sáb | Dom | Lun | Mar | Mié | Jue | Vie | Sáb | Dom | Lun | Mar | Mié | Jue | Vie | Sáb | Dom | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | | | | |



Actividades académicas y administrativas

| | | |
|---|-----------------------------------|---|
| Reinicio de Actividades | Actividades de gestión académica | Fin de cursos y exámenes |
| Inicio de cursos | Suspensión de labores | Vacaciones |
| Inscripción/Reinscripción | Captura de programación académica | Entrega de listado de grupos académicos |
| Día de la Bienvenida Universidad Autónoma de Puebla | Captura de calificaciones | Actividades de Gestión Administrativa |

Inicio de actividades en el 2021: 4 de enero.
 Aprobado por el H. Consejo Universitario el 5 de diciembre del 2019.
 Al ser inhábiles los días 9 y 10 de abril, dentro del periodo vacacional 2020 se consideran los días 2 y 3 de enero.

JUNIO

| Lun | Mar | Mié | Jue | Vie | Sáb | Dom |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | | | | 6 | 7 |
| 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
| 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 |
| 29 | 30 | | | | | |

JULIO

| Lun | Mar | Mié | Jue | Vie | Sáb | Dom |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
| 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 |
| 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | | |

| AGOSTO | | | | | | | SEPTIEMBRE | | | | | | | OCTUBRE | | | | | | | NOVIEMBRE | | | | | | | DICIEMBRE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|--|--|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|--|--|--|
| Lun | Mar | Mié | Jue | Vie | Sáb | Dom | Lun | Mar | Mié | Jue | Vie | Sáb | Dom | Lun | Mar | Mié | Jue | Vie | Sáb | Dom | Lun | Mar | Mié | Jue | Vie | Sáb | Dom | Lun | Mar | Mié | Jue | Vie | Sáb | Dom | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | | | | |

MICROBIOMA ASOCIADA A PLANTAS; UNA PERSPECTIVA PARA LA CONSERVACIÓN DE LA FLORA GLOBAL

Sección Hablando de...

Francisco López David

Resumen

Los microbiomas son fundamentales para la eubiosis de la vida en la Tierra. Uno de los más estudiados es el microbioma humano, pero poco se sabe sobre la relación biológica del microbioma con plantas. Por ello este trabajo pretende explayar la importancia de los microorganismos presentes de manera simbiótica en la flora global, así como también la utilidad de estudiar las consecuencias de la disbiosis relacionada con la actividad antropogénica.

1. Introducción

El microbioma abarca todos los microorganismos, así como también, factores bióticos y abióticos presentes en cualquier medio ambiente [1]. A lo largo de la evolución todos los seres vivos, tanto pluricelulares como unicelulares están en constante simbiosis entre sí mismos. Las plantas por ejemplo están colonizadas por diversos microorganismos, que pueden influir positiva o negativamente en ellas. El impacto positivo incluye la adquisición de nutrientes, la mejora de resistencia al estrés biótico y abiótico, ambos factores importantes para el crecimiento y la supervivencia de las plantas, mientras que las bacterias fitopatógenas causan enfermedades, mediante la inyección de proteínas efectoras en las células huésped [2]. Desde arbustos de montaña hasta pastos marinos son colonizados por un conjunto y diverso de microorganismos circulantes, que incluyen principalmente bacterias y hongos (Figura 1) [3]. La comunidad microbiana, como los hongos y las bacterias en la fillosfera, rizosfera y endosfera, son de vital importancia para las correctas funciones biológicas de la planta [4].

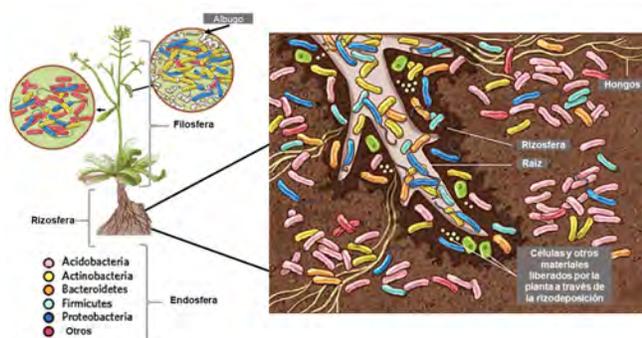


Figura 1: Principales microorganismos de las plantas, al igual que los animales, las plantas albergan comunidades de microorganismos que influyen en una amplia variedad de sus procesos biológicos. Modificado de [5].

2. Actividad antropogénica y su relación con los procesos biológicos de las plantas

La salud del suelo es crucial para el correcto desarrollo de las plantas, también es importante para la sostenibilidad y productividad de los agroecosistemas. Sin embargo, en la actualidad, los recursos del suelo están bajo graves amenazas por diversas actividades antropogénicas. Vincular la distribución de la diversidad microbiana y el funcionamiento del ecosistema es esencial para comprender las respuestas de los ecosistemas a los cambios del entorno. Los taxones microbianos del suelo son imprescindibles en relación con los cambios climáticos mundiales, ya que desempeñan papeles importantes e indiscutibles en el ciclo biogeoquímico, el crecimiento de las plantas y la captación de carbono [6]. Así mismo la actividad antropogénica ha contribuido de manera indispensable en el curso de la evolución y la adaptación a los fenómenos naturales (Figura 2), de modo que, desde el surgimiento de la revolución industrial, los animales, las plantas y los microorganismos han enfrentado una presión ecológica sin precedentes. Las consecuencias más notables de la actividad antropogénica es el cambio climático, este contribuye al aumento de la infertilidad del suelo por el estrés hídrico [7]. Así como también en respuesta a ese drástico cambio las cianobacterias en los ecosistemas de agua dulce producen componentes tóxicos como las microcistinas, estos en suelos agrícolas tienen efectos nocivos sobre la germinación, el crecimiento y el desarrollo de las plantas y su microbioma asociada [8].

3. Importancia del estudio de microbioma de plantas

El estudio de los factores como el cruzamiento natural, la endogamia repetida y la recultivación en diferentes lugares, ha permitido estudiar la comunidad bacteriana endofítica a lo largo del tiempo y a lo largo de las generaciones del

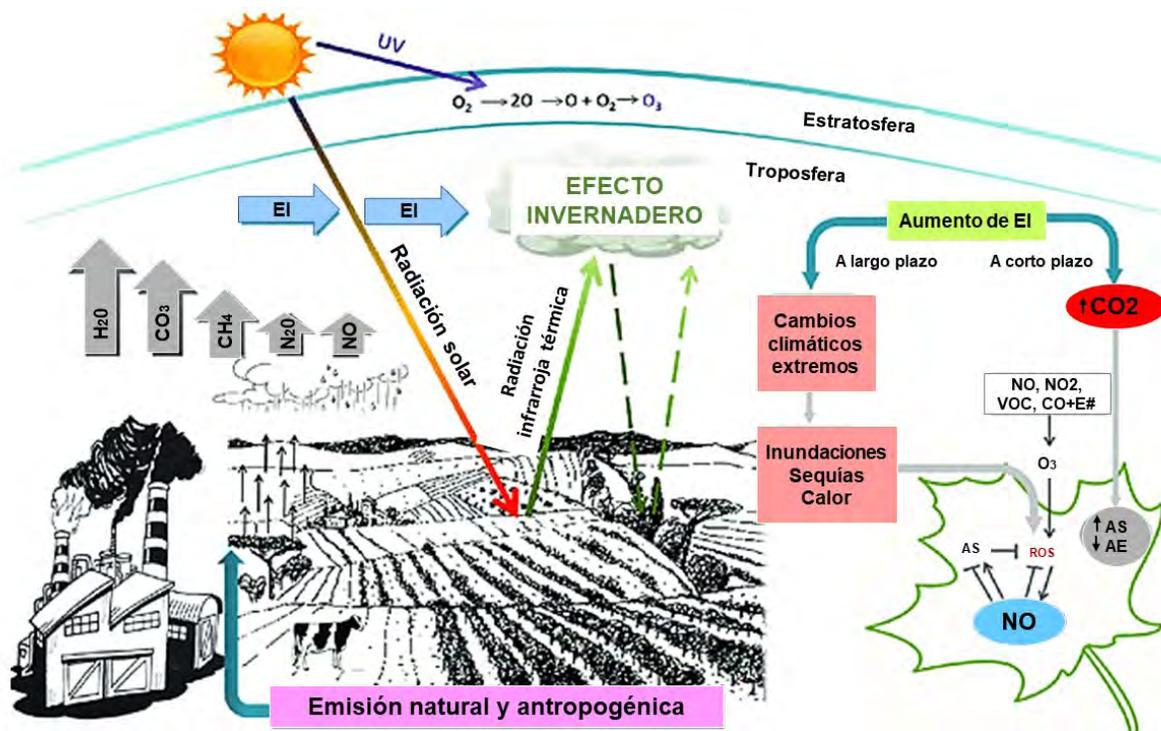


Figura 2: Actividad antropogénica y su relación con los gases del efecto invernadero (GEI). Modificado de [9]. Los efectos a corto plazo del aumento de CO₂ es activar la fotosíntesis (AF) e inhibe la apertura del estoma (AE). Los efectos a largo plazo del aumento de GEI son los cambios climáticos extremos. Todos ellos inducen la generación de ROS y el estrés oxidativo en las plantas. El óxido nítrico (NO) podría aliviar el estrés oxidativo eliminando ROS y/o regulando el sistema antioxidante (AS). Los GEI y los compuestos orgánicos volátiles (VOC) reaccionan en presencia de la luz solar (E #) para producir O₃ troposférico que es perjudicial para la vida.

huésped, particularmente ecogeográficos [10]. Cada vez es más claro que el desarrollo, el crecimiento y la integridad de los macroorganismos están influenciados por las comunidades microbianas complejas que albergan y que dan forma a su ecología y evolución. La biología está experimentando un cambio de paradigma, donde los fenotipos individuales se ven como resultado de interacciones complejas resultantes de la expresión combinada del huésped y los genomas microbianos asociados, lo que lleva a la popularización de las nociones del holobionte y el hologenoma [11]. Desde el surgimiento de la genética comunitaria, los ecólogos han tratado de comprender cómo los genotipos particulares dentro de una sola especie (variación intraespecífica) pueden influir en la estructura de las comunidades ecológicas y el funcionamiento de los ecosistemas. Numerosos estudios ha informado que genotipos particulares de una especie dada pueden afectar las funciones del ecosistema a través de cambios en la composición taxonómica de las comunidades asociadas, las consecuencias ecológicas de la variación intraespecífica pueden igualar, o incluso superar, las de la variación interespecífica a través de los efectos en cascada que ejerce un nivel trófico sobre la composición de otro nivel trófico [12].

4. Técnicas disponibles para caracterizar el metagenoma del microbioma de la flora global

La caracterización y la evolución de aspectos moleculares ecológicos, ha permitido conocer que estos varían entre especies de plantas, y por lo tanto tienen una base genética [3]. Los métodos clásicos de caracterización de microorganismos existentes no se aplican fácilmente a nivel comunitario para caracterizar las comunidades microbianas en el medio ambiente y dentro de los hospederos. Por ejemplo, la caracterización por aislamiento y cultivo no es adecuada para los miembros de la comunidad microbiana por su dificultad de crecimiento. Las pruebas serológicas y técnicas moleculares como la PCR son dirigidos a taxones específicos por tanto no son tan confiables para identificar un amplio número de taxones presentes en una muestra [13]. Por lo antes planteado se ha propuesto el análisis metagenómico que ofrece perspectivas y herramientas valiosas para identificar comunidades y funciones microbianas. Basándose en esa evidencia Wei y Cols, proponen el concepto de metagenómica de la conservación (Figura 3), una subdisciplina emergente de la biología de la conservación, cuyo objetivo es comprender los roles del microbioma en la evolución y conservación de los animales en peligro de

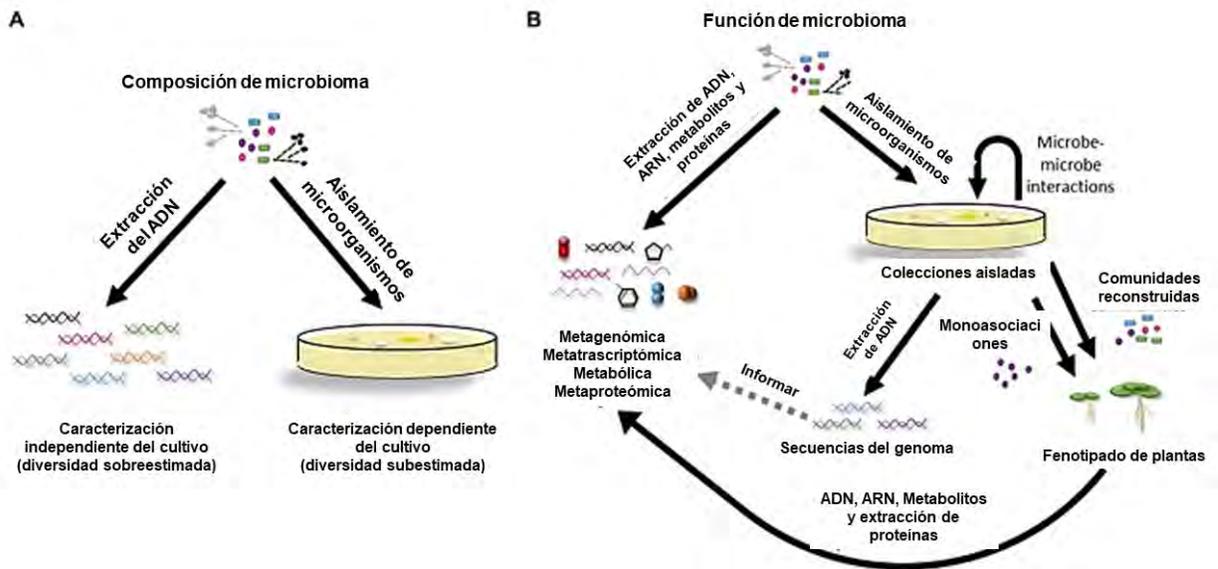


Figura 3: Métodos para la caracterización de la composición y función del microbioma vegetal. Traducido de [17]. (A) Los métodos dependientes e independientes del cultivo son los dos enfoques principales utilizados para determinar la composición microbiana de los microbiomas de las plantas. (B) Pipeline es una propuesta para integrar los datos de métodos independientes de cultivo y dependientes de cultivo juntos para abordar las funciones de los microbiomas de las plantas y los tipos individuales de microorganismos que se encuentran dentro de ellos.

extinción, así como también se ha comprobado que esta subdisciplina ha demostrado un potencial significativo para mejorar la conservación y el manejo de la vida silvestre, mismo también se pretende aplicar para la conservación de la flora global debido a que estos también cuentan con un microbioma propio [14]. Por consiguiente, hace más de una década, se postuló la teoría del hologenoma para expresar la estrecha interacción de los microorganismos con animales y plantas como base para una mejor adaptación a las condiciones ambientales cambiantes con implicaciones para la coevolución y la especiación [15]. Ma en 2019 [16] plantea la teoría RAE (relación de área de especies), la cual es una teoría ecológica clásica que ha sido ampliamente investigada y aplicada en los estudios de biogeografía global y conservación de la biodiversidad en macroecología. También ha encontrado aplicaciones importantes en la ecología microbiana en los últimos años gracias a los avances en la tecnología de secuenciación metagenómica [16].

5. Perspectivas

Morar y Bohannon proponen ir más allá de las metáforas, hacia un enfoque científicamente pluralista que se centra en caracterizar las propiedades biológicas fundamentales de los microbiomas, como la heredabilidad, el modo de transmisión, las de tasas de dispersión y la fuerza de la selección local [18]. La investigación de microbiomas es inherentemente transdisciplinaria, por lo que es un campo emergente ideal dentro del cual podemos romper silos percibidos y abrir puertas a nuevos conceptos que deberán definirse y explorarse a través

de la lente de campos históricamente separados. A medida que más estudios de microbiomas van más allá de enumerar a los miembros de la comunidad para describir su función y explorar sus patrones generales, se tomarán prestados más conceptos ecológicos, lo que requerirá esta conversación cruzada entre los ecólogos y aquellos que estudian microbiomas. En los últimos años, nuestra comprensión de los impulsores, roles, mecanismos, junto con el conocimiento para manipular el microbioma de la planta, han avanzado significativamente. Sin embargo, traducir este conocimiento para expandir la productividad y la sostenibilidad de un ecosistema requiere el desarrollo de soluciones para una serie de desafíos tecnológicos y logísticos.

6. Conclusiones

Los microorganismos que colonizan las superficies de las plantas y sus tejidos internos juegan un papel eminente en la configuración de nuestro planeta, desde nuestra vegetación natural hasta los sistemas intensivos de producción agrícola y la salud humana. Los microorganismos asociados con las plantas deben considerarse como impulsores clave para la salud de las plantas, la productividad, la composición de la comunidad, el funcionamiento del ecosistema y la conservación de especies vegetales en peligro de extinción. Cada vez esta mas claro que para dar solución a diferentes problemas que nos aquejan, debemos de analizar esas cuestiones desde la raíz, para así describir cómo debe ser el equilibrio, que tiene que existir entre los microorganismos y nosotros los seres pluricelulares.

A. Glosario

- **Abióticos:** que no forma parte o no es producto de los seres vivos.
- **Actividad atropogénica:** aquellas relacionadas con la influencia del hombre en la naturaleza.
- **Agroecosistema:** ecosistema alterado por el hombre para el desarrollo de una explotación agropecuaria.
- **Albugo:** género de pseudohongos fitopatógeno biótrofos.
- **Biogeografía:** parte de la biología que estudia la distribución geográfica de los animales y las plantas.
- **Biogeoquímico:** movimiento de los elementos químicos entre los seres vivos y el ambiente.
- **Bióticos:** conjunto de especies y otros organismos que ocupan un área dada.
- **Cianobacterias:** bacterias capaces de realizar fotosíntesis oxigénica.
- **Disbiosis:** desequilibrio de microorganismos.
- **Ecología:** estudia las relaciones de los seres vivos entre sí y con el medio en el que viven.
- **Ecología microbiana:** estudia a los microorganismos en su ambiente natural.
- **Ecogeográficos:** combinación de datos climáticos, ecológicos y geográficos.
- **Eubiosis:** equilibrio de microorganismos.
- **Endosfera:** el medio interno de la planta.
- **Estrés hídrico:** cuando la demanda de agua es más alta que la cantidad disponible.
- **Endogamia:** producción de descendencia mediante el apareamiento de individuos estrechamente relacionados genéticamente.
- **Fenotipos:** conjunto de caracteres visibles que un individuo presenta.
- **Filosfera:** microambiente tridimensional que rodea una hoja.
- **Gen:** partícula de material genético.
- **Genética:** parte de la biología que estudia los genes y los mecanismos que regulan la transmisión de los caracteres hereditarios.
- **Genotipos:** información genética que posee un organismo en particular, en forma de ADN.
- **Holobionte:** entidades formadas por la asociación de diferentes especies que dan lugar a unidades ecológicas.
- **Hologenoma:** comunidad formada por el organismo pluricelular y los microorganismos que habitan en él.
- **Macroecología:** es el estudio de los patrones y procesos ecológicos a grandes escalas.
- **Metagenómico:** campo para obtener secuencias del genoma de los diferentes microorganismos.
- **Metagenoma:** representa a todos los genomas de las bacterias que conforman la población.
- **Microorganismos:** es un ser vivo que sólo puede visualizarse con el microscopio.
- **Microbioma:** conjunto de genes de los microorganismos presentes en el medio.
- **Microcistinas:** toxinas de estructura heptapeptídica producidas por las floraciones de cianobacterias.
- **Nivel trófico:** posición dentro de la cadena alimentaria.
- **PCR:** técnica molecular “reacción en cadena de la polimerasa.
- **Pluricelulares:** que está constituido por dos o más células.
- **Rizosfera:** parte del suelo inmediata a las raíces vivas.
- **Simbiótica:** asociación que entre sí establecen dos individuos.
- **Taxón:** grupo de organismos emparentados.
- **Unicelulares:** está formado por una sola célula.

Referencias

- [1] Tipton, L.: *A developing symbiosis: enabling cross-talk between ecologists and microbiome scientists*. *Frontiers*, 2:23–31, 2019.
- [2] Schierstaedt, J.: *Role of plasmids in plant-bacteria interactions*. *Europe BMC*, 1:17–38, 2018.
- [3] Beilsmith, K.: *Genome-wide association studies on the phyllosphere microbiome: Embracing complexity in host-microbe interactions*. *Wiley Online Library*, 97:34–45, 2018.
- [4] Ullah, A.: *Microbiome diversity in cotton rhizosphere under normal and drought conditions*. *Springer Link*, 77:429–439, 2019.
- [5] Bulgarelli, D.: *Plants microbial communities*. *The Scientist*, 2:1–7, 2018.
- [6] Dubey, A.: *Soil microbiome: a key player for conservation of soil health under changing climate*. *Springer Link*, 28:2405–2429, 2019.

- [7] Brillì, F.: *Root colonization by Pseudomonas chlororaphis primes tomato (Lycopersicon esculentum) plants for enhanced tolerance to water stress.* Elsevier, 232:82–93, 2019.
- [8] Redouane, M.: *Mode of action and fate of microcystins in the complex soil-plant ecosystems.* Europe PMC, 225:270–281, 2019.
- [9] Cassia, R.: *Climate Change and the Impact of Greenhouse Gasses: CO₂ and NO, Friends and Foes of Plant oxidative stress.* ResearchGate, 2:34–56, 2018.
- [10] Wailitang, D.: *Conservation and transmission of seed bacterial endophytes across generations following crossbreeding and repeated inbreeding of rice at different geographic locations.* Wile Online Library, 8:23–45, 2018.
- [11] Simon: *Host-microbiota interactions: from holobiont theory to analysis.* BMC Part of Springer Nature, 7:56–78, 2019.
- [12] Pérez-Izquierdo, L.: *Plant intraspecific variation modulates nutrient cycling through its below ground rhizospheric microbiome.* British Ecological Society, 107:12–23, 2019.
- [13] Bergner, L.: *Using noninvasive metagenomics to characterize viral communities from wildlife.* Wiley One Library, 19:11–22, 2018.
- [14] Wei, F.: *Conservation metagenomics: a new branch of conservation biology.* Springer Link, 62:168–178, 2019.
- [15] Hartmann, A.: *Assessment of the structural and functional diversities of plant microbiota: Achievements and challenges-A review.* Elsevier, 19:3–13, 2019.
- [16] Ma, Z.: *Sketching the human microbiome biogeography with DAR (Diversity-Area Relationship).* Springer Link, 77:821–838, 2019.
- [17] Lebeis, S.: *The potential for give and take in plant-microbiome relationships.* ResearchGate, 3:56–90, 2014.
- [18] Morar, N.: *The conceptual ecology of the human microbiome.* The quarterly review of biology, 94:11–34, 2019.



Francisco López David

Estudiante de la carrera de Químico Biólogo Parasitólogo de la Facultad de Ciencias Químico-Biológicas de la Universidad Autónoma de Guerrero.

Universidad Autónoma de Guerrero
 Av. Lázaro Cárdenas S/N,
 Ciudad Universitaria Sur,
 Chilpancingo, Guerrero C.P. 39074
ndoo.ardilla@outlook.com

LA LEY DE SNELL



Albert Einstein mencionó en alguna ocasión que *vemos la luz del atardecer anaranjada y violeta porque llega demasiado cansada de luchar contra el espacio y el tiempo*. Cómo para él, es evidente para cualquier persona la belleza detrás de un atardecer y de la magia escondida en él. Los rayos luminosos del sol cuando se oculta provocan que, en ese momento, nos parezca más grande, más intenso y también ¿más chato?

Si, más chato, perdón por romper el momento poético. Ocurre que esta visión distinta del sol del atardecer, respecto al sol del resto del día, se debe a que la luz que proviene de su extremo inferior sufre una refracción intensa, es decir, los rayos luminosos del sol cuando se oculta se desvían hacia abajo cuando entran a la atmósfera, obteniendo como resultado que lo visualicemos un poco aplastado [1].

La refracción en sí es un fenómeno que se produce cuando la luz choca con un material, cambiando de dirección. En otras palabras, se puede decir que los rayos de luz sufren un doblamiento en la frontera entre dos medios. La refracción se puede estudiar analizando las trayectorias que sigue la luz cuando varía el ángulo de incidencia. Por su parte, estos ángulos se miden con respecto a la horizontal de la superficie, que se espera se extienda dentro del material. El ángulo de refracción se mide con respecto a la normal extendida. Cuando un rayo de luz pasa de un material, llamémosle material a o material 1, hacia otro material al que nombraremos material b o material 2, pueden ocurrir tres cosas: si entra a un material con mayor índice de refracción se desvía hacia la normal, si entra a un material con menor índice de refracción se desvía alejándose de la normal y en el caso de una incidencia normal el rayo transmitido no se desvía en lo absoluto. La magnitud de la desviación que ocurre cuando la luz entra en el material depende del ángulo de incidencia y de una propiedad óptica del material llamada índice de refracción.

El índice de refracción n es la razón entre la rapidez de la

luz en el vacío (c) y la rapidez de la luz en el material (v) y se puede expresar de manera matemática como:

$$n = \frac{v}{c} \quad (1)$$

La luz siempre viaja con más lentitud en un material que en el vacío, por lo que el valor de n en cualquier material que no sea el vacío siempre es mayor que la unidad. Al ser una división entre dos valores de rapidez, al realizarse el análisis de unidades, se notará que es un número que no tiene unidades. La rapidez de las ondas es inversamente proporcional al índice de refracción, por lo que cuanto mayor sea el índice de refracción de un material, menor será la rapidez de la onda en ese material. La refracción se ha estudiado desde civilizaciones como la griega pasando por países islámicos y europeos al inicio de la edad media. De estas culturas se han obtenido aportes como el que realizó Ptolomeo en 130 d.C., quién sugirió que la razón entre los dos ángulos es constante, sin embargo, no estaba en lo correcto. Por su parte, en 1621, Snell (curiosamente él siempre escribió su nombre con una sola l) halló la relación correcta entre el ángulo de incidencia y el de refracción:

$$\frac{\text{sen}(\theta_1)}{\text{sen}(\theta_2)} = \text{constante} \quad (2)$$

En 1678, Huygens derivó el resultado de Snell a:

$$\frac{\text{sen}(\theta_1)}{\text{sen}(\theta_2)} = \frac{v_1}{v_2} \quad (3)$$

Donde v_1 , v_2 son las velocidades de la luz en dos medios diferentes. Ambas difieren de la forma moderna de dicha ley:

$$n_a \text{sen}(\theta_a) = n_b \text{sen}(\theta_b) \quad (4)$$

donde n_a y n_b son los índices de refracción en dos medios diferentes. Muchos no consideran a Snell como autor de esta

relación, pues el descubrimiento de $n = c/v$ fue posterior, así que comúnmente se conoce solo como ley de refracción [2].

En lo que todos podemos estar de acuerdo es que gracias a esta ley podemos explicar fenómenos como el de al colocar un objeto en el agua este se vea “chueco” o “deforme” (aquí los dos materiales son el aire y el agua), los espejismos de agua en el pavimento y de que un objeto sumergido parece estar más cerca de la superficie de los que realmente está.



a)

b)

Figura 1: Experimento casero del fenómeno de refracción en vasos de agua.

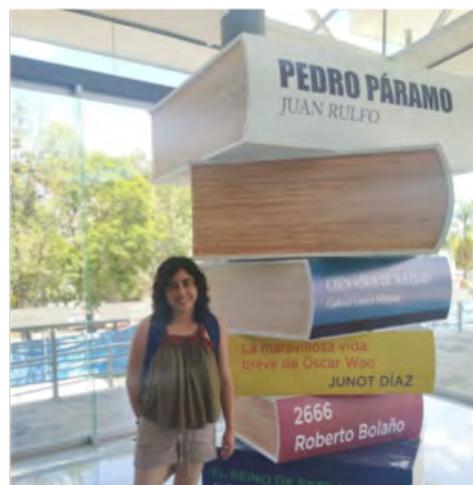
Al entender este fenómeno podemos aplicarlo para crear instrumentos de análisis como el refractómetro, el cual mide el índice de refracción, permitiendo identificar una sustancia, verificar su grado de pureza, entre otros análisis químicos.

En 1979, Andréi Tarkovski, conocido por muchos como el mejor cineasta de todos los tiempos, realizó la adaptación del libro de los hermanos Strugatski: Picnic al borde del camino, en cuyo argumento, un escritor y un científico tienen cierta discusión filosófica respecto a sus papeles en la sociedad, sin embargo, ningún físico puede negar que Manuel de la Paz tiene razón al decir:

*“Debajo del agua la realidad se refracta,
es la dimensión alterna e inexacta.
Es la opción de los otros caminos. . .
Sumergida en la vertiente logras ver,
esas posibilidades que nunca elegimos”.*

Referencias

- [1] Hewitt, Paul G.: *Física Conceptual*. Editorial Pearson, 2007.
- [2] Young, Hugh D. y Freedman, Roger A.: *Física universitaria con física moderna Vol. 2*. Editorial Pearson, 2011.



Alma Itzel González Solano

Estudiante de la Licenciatura en Ingeniería Ambiental desde 2015 en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla y de la Licenciatura en Ciencias de la Comunicación desde 2018 en la Universidad Nacional Autónoma de México. Es colaboradora en el programa de divulgación científica “Quid Novi Radio BUAP” desde Agosto 2018.

Facultad Ingeniería Química, BUAP

Av. San Claudio y Blvd. 18 Sur, Col. San Manuel, Ciudad Universitaria, Puebla, Pue. C.P. 72570

almaitgs@gmail.com

CRISTALES. EL ORDEN DE LA NATURALEZA

Sección Infografía

Alexander I. Alvarez Vizcaino

El diseño de la infografía y el material fotográfico estuvo a cargo de Alexander Ivan Alvarez Vizcaino, estudiante del tercer semestre, durante cuatro años ha cultivado el arte de la fotografía.

Los cristales presentados en esta infografía fueron cristalizados en la Academia de Física del Instituto Mexicano Madero (IMM), Plantel Zavaleta por los estudiantes: Richard Karl Becker Vázquez, Luz María Juárez Coconi, Jared Peña Ramos; estudiantes del quinto semestre, los cuales han participado en proyectos de investigación en el IMM y sus resultados se han presentado en los congresos de investigación CUAM-ACMor. Fueron participantes del 3er. Concurso de Cristalización de la BUAP. El proyecto fue supervisado por: I.Q. Mildred P. Carretero Gaytán, líder del proyecto, Mtra. Norma Toledo García, responsable del laboratorio de física del IMM Plantel Zavaleta y M. en C. Adriana Espinosa Contreras, física y maestra en ciencias egresada de la UNAM.

Referencias

- [1] Barret, C.S.: *Structure of Metals*. McGraw Hill, 1952.
- [2] Cornelis, K.: *Manual de Mineralogía*. John Wiley and Sons., 1996.
- [3] Amos, J.: *Las espectaculares cuevas de México que albergan microbios de más de 10.000*, 2017. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-39028050>.



Parte superior, de derecha a izquierda: I.Q. Mildred Carretero, Mtra. Norma Toledo, M. en C. Adriana Espinosa. Parte inferior, de derecha a izquierda: Richard Becker, Alexander Alvarez, Luz María Juárez y Jared Peña.

Instituto Mexicano Madero, Plantel Zavaleta

Antiguo Camino Real a Cholula 4212,
Ex hacienda la Concepción Buenavista,
San Andrés Cholula, Puebla, C.P. 72150
adriana.espinosa@imm.edu.mx

FCFM Facultad de Ciencias
Físico Matemáticas

OFERTA EDUCATIVA

Licenciatura en:

- **Actuaría**
- **Física**
- **Física Aplicada**
- **Matemáticas**
- **Matemáticas Aplicadas**

Maestría en Ciencias:

- **Física Aplicada**
- **Matemáticas**
- **Educación Matemática**

Doctorado en Ciencias:

- **Física Aplicada**
- **Matemáticas**

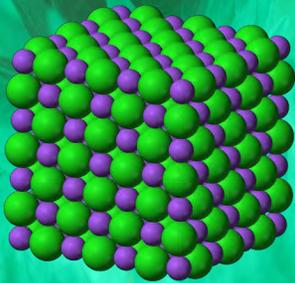
Más información en:
<https://www.fcfm.buap.mx/docencia/>

CRISTALES

EL ORDEN DE LA NATURALEZA

Son cuerpos sólidos que se componen de átomos dispuestos en un modelo que se repite en las tres dimensiones (Barret, 1952).

Los Cristales se forman a partir de disoluciones, fundidos y vapores los cuales tienen una disposición al azar, pero al cambiar la temperatura, presión y concentración, puede agruparse en una disposición ordenada (Cornelis, 1996).



La mayor parte de los cristales son el resultado del depósito químico de una disolución (o de un cuerpo fundido) en un espacio abierto, tal como una cavidad en una formación rocosa (Cornelis, 1996).

También se forman a partir de una masa fundida como el magma.

Los cristales más grandes del mundo se encuentran en las cavernas de Naica México.

Dichas formaciones llegan a medir 10 metros y pesar 10 toneladas.

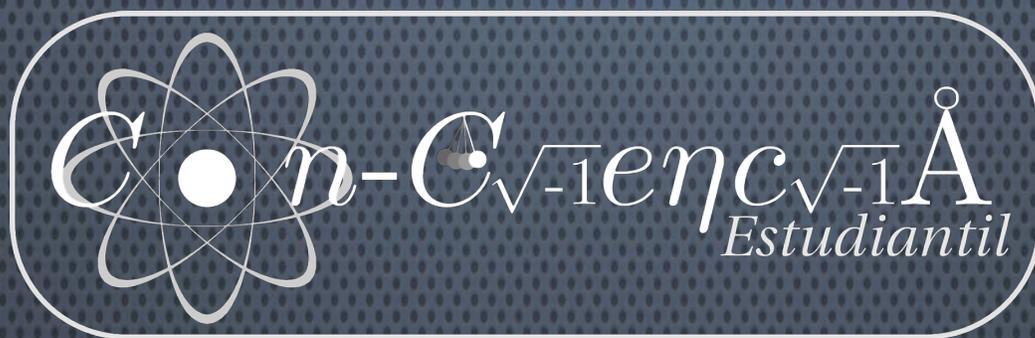
Fueron descubiertas gracias a las exploraciones mineras en Chihuahua, en donde fueron encontrados de manera incidental al drenar una caverna cubierta por agua. (Amos, 2017).

Las Imágenes en esta infografía corresponden a cristales de fosfato monoamónico.

Cristales crecidos por:
Richard Karl Becker Vázquez
Luz María Juárez Coconi
Jared Peña Ramos

Asesoras:
Mildred P. Carretero Gaytán
Norma Toledo García
Adriana Espinosa Contreras

Diseño de la infografía y material fotográfico:
Alexander Ivan Alvarez Vizcaino



El comité editorial recibe tus propuestas:

Artículos de Divulgación Científica

Reseñas

Semblanzas

Ilustraciones

Fotonota

Infografía

Crónicas Científicas

conciencia.buap@gmail.com