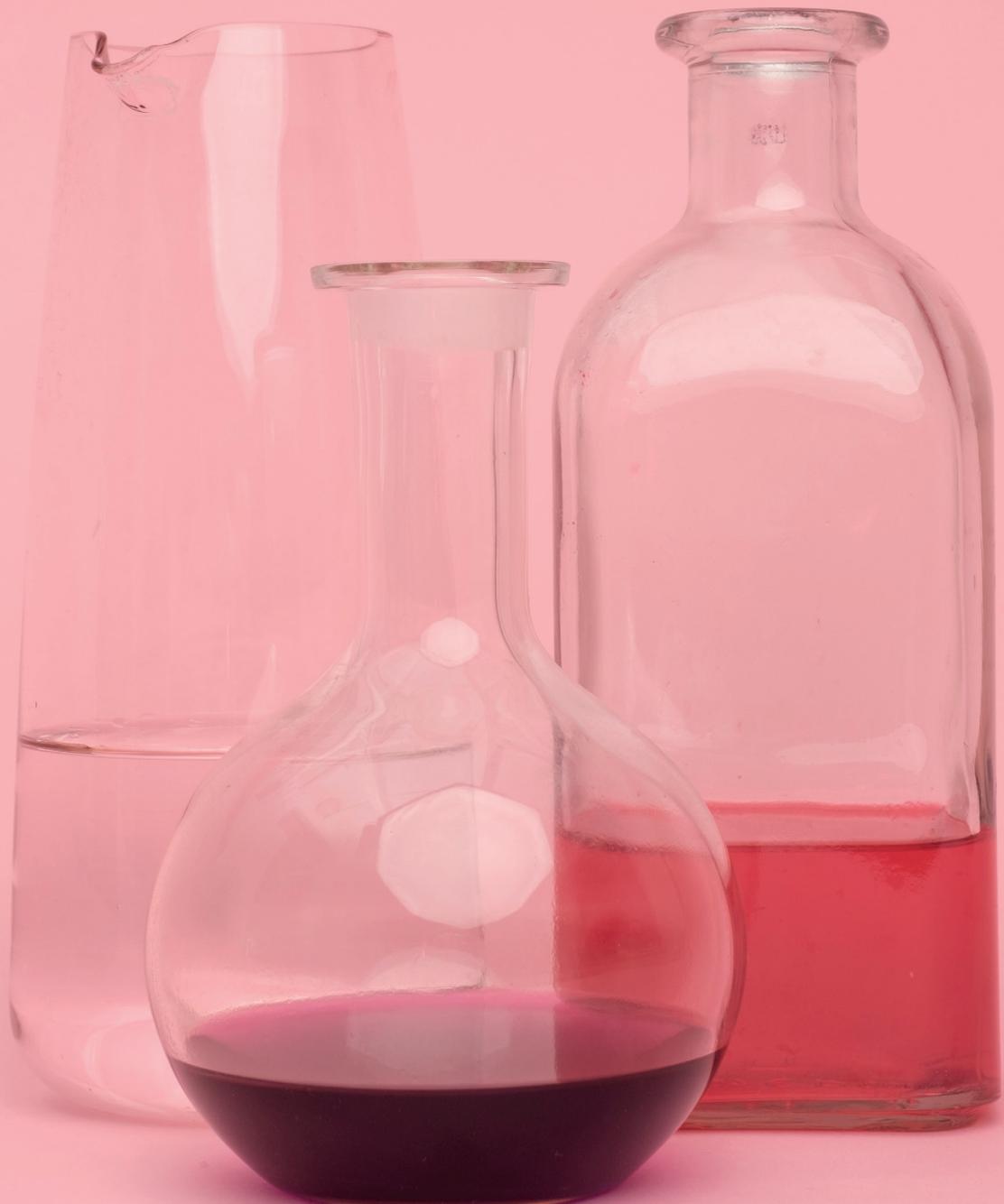




# CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS



## Comité Organizador

C.P. Raúl Sergio Farias Martínez  
M.C. Jesús Roberto de Garza de Luna  
M.A. Verónica Martínez Vela  
Lic. Laura Elena González Rodríguez

### Instituto Tecnológico Superior de Monclova

#### Institución participante

CIATEQ, Unidad Aguascalientes

Centro de Investigación en Matemáticas A.C., Unidad Aguascalientes  
Universidad Autónoma de Aguascalientes

Instituto Tecnológico de Aguascalientes  
Universidad Autónoma Agraria

Centro de Investigación de Química Aplicada (CIQA)  
Universidad Autónoma de Coahuila

Instituto Tecnológico Superior de Monclova

Centro de Investigación en Matemáticas A.C., Unidad Guanajuato  
Instituto Tecnológico de Abasolo  
Centro de Investigación y Estudios Avanzados, Unidad Irapuato

Universidad Politécnica del Bicentenario, Silao  
Instituto Tecnológico de Celaya  
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato  
Instituto Tecnológico Superior de Purísima del Rincón

Centro de Investigaciones en Óptica (CIO)  
Escuela Nacional de Estudios Superiores UNAM, Unidad León  
C. de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica

Instituto Tecnológico de Querétaro  
Universidad Politécnica de Querétaro  
Instituto de Neurobiología, UNAM - Campus Juriquilla

Instituto Tecnológico de San Juan del Río  
Escuela Nacional de Estudios Superiores UNAM, Unidad Juriquilla  
Universidad Autónoma de Querétaro  
Instituto Tecnológico de San Luis Potosí  
Escuela Normal de Estudios Superiores del Magisterio Potosino  
Instituto Estatal de Investigación y Posgrado en Educación  
Universidad Autónoma de San Luis Potosí  
El Colegio de San Luis  
Centro Regional de Educación Normal

Universidad Politécnica de San Luis Potosí  
Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica  
Universidad del Centro de México  
Universidad Autónoma de Zacatecas

#### Coordinadores

Ing. Sergio Luna Flores  
Adriana Cecilia González Alarcón  
Jonás Velasco Alvarez  
Jesús Arturo Femat Díaz  
Yazmin Ramírez Rodríguez  
Yusahara Elizabeth Vázquez Ochoa  
Antonio Narro  
Valente Serrano Gervacio  
Victor Manuel Villaneva Coronado  
Armando Espinoza Banda  
Leticia Larios López  
Antonio Cárdenas Flores  
Dora Elia Cárdenas Elizondo  
Alejandro Herrera Hernández  
María Concepción Esparza Castro  
Verónica Martínez Vela  
Laura Elena Gonzalez Rodriguez  
Arturo Hernández Aguirre  
César Álvarez Mejía  
Jesús Vega Medina  
Luis José Delaye Arredondo  
Javier Cruz Salgado  
Esperanza Peña Morales  
Akira Torreblanca Ponce  
Carlos Alberto Sebastián Serra Martínez  
Luis Fernando Villanueva Jiménez  
Luz Adriana Gutiérrez Guerra  
Harumi Shimada Beltrán  
María Teresa Cordova Barrios  
Germán Orozco Gamboa  
Jose Arturo Toscano Giles  
Alondra Anahí Ortiz Verdín  
Alfredo Varela Echavarría  
Nuri Aranda López  
Sonia Elizabeth Roman Flores  
Leonor Casanova Rico  
Karina Villarauz Camargo  
Ariel Benjamin De La Rosa Zapata  
Víctor Manuel León Rodríguez  
Andrés Delgadillo Sánchez  
Laura Elena Ochoa Leija  
Jose Ramon Alvarez Gonzalez  
Amina Madera Lauterio de Cedral  
Juan Manuel Rodriguez Tello  
Martín Hernández Sustaita  
Ivonne Lizette Cuevas Véliz  
Alicia Villagómez Carvajal  
Manuel Reta Hernández  
Laura Hernández Martínez

## Índice

|   |    |
|---|----|
| <i>Análisis de la radiación cósmica de fondo de microondas a través del modelo <math>\Lambda</math>CDM</i>                          |    |
| M. Castillo-Santos § A. Hernández-Almada  | 6  |
| <i>Etnofarmacología de la familia Asteraceae</i>  |    |
| Ana Paola Castañón Servín § Virginia Gabriela Cilia López   | 12 |
| <i>Estudio de materiales Fosforescentes con Aplicaciones en revelado de huellas Dactilares y Criminalística.</i>                    |    |
| Ibarra Medina María Fernanda § Rodríguez García Carlos Eduardo  | 17 |
| <i>La experimentación en el aprendizaje de ciencias naturales en un contexto multigrado</i>   |    |
| Karen Alicia Alvarado Bocanegra § Estanislado Vázquez Morales   | 23 |
| <i>Identificación de metabolitos secundarios en extractos de plantas</i>  |    |
| Jiménez Martínez Mariella de Jesús § Dra. Alejandra Sarahí Ramírez Segovia  | 31 |
| <i>Identificación de Biomarcadores en Modelos Murinos con Síndrome Metabólico mediante el uso de Espectroscopia Raman</i>           |    |
| Valeria Jacqueline Soto Ontiveros § Miguel Ghebre Ramírez Elías   | 38 |
| <i>Mecanismos de crecimiento DBQ de películas delgadas semiconductoras</i>  |    |
| Joaquín Lefranc Cabrera § Mónica Balvanera Ortuño-López   | 43 |
| <i>Caracterización óptica de películas delgadas semiconductoras</i>   |    |
| Paola Dhamar Gómez Barrales § Mónica Balvanera Ortuño López   | 49 |
| <i>Modelación matemática para la propagación de infecciones y el uso de mecanismos de control</i>                                   |    |
| Alejandro Cruz Durán § Juan Gonzalo Barajas Ramírez   | 54 |
| <i>Identificación de marcadores moleculares para la identificación de <i>Planktothrix</i> a nivel de especie</i>                    |    |
| Alfonso Ángel Zamacona Barrios § Laura Valdés Santiago  | 60 |
| <i>Análisis de datos de antagonismo de la bacteria <i>Bacillus subtilis</i> mediante técnicas bioinformáticas y de estadística.</i> |    |
| Aranza Jaqueline Rivas Medina § María Rico Martínez   | 66 |
| <i>Estudio de Materiales Fosforescentes con Aplicaciones en revelado de huellas Dactilares y Criminalística.</i>                    |    |
| Fátima Rodríguez Esparza § Carlos Eduardo Rodríguez García  | 72 |

|  |    |
|--|----|
| <i>Análisis a la radiación del fondo cósmico de microondas usando <math>\Lambda</math>CDM y <math>\omega</math>CDM</i> |    |
| Samuel Durán Martínez § Alberto Hernández Almada   | 78 |
| <i>Rectificando grafos con número de cruce a lo más tres</i>   |    |
| Monica Araceli Jasso Saavedra § César Israel Hernández Vélez   | 84 |
| <i>Estudio de Materiales Fosforescentes con Aplicaciones en Revelado de Huellas Dactilares y Criminalística</i>        |    |
| Ana Paloma García Razo § Carlos Eduardo Rodríguez García   | 90 |



# ANÁLISIS DE LA RADIACIÓN CÓSMICA DE FONDO DE MICROONDAS A TRAVÉS DEL MODELO $\Lambda$ CDM

M. Castillo-Santos

Universidad Autónoma de Querétaro

Cerro de las Campanas S/N, Centro Universitario, 76010, Santiago de Querétaro, Qro.

*mcastillo26@alumnos.uaq.mx*

A. Hernández-Almada

Universidad Autónoma de Querétaro

Cerro de las Campanas S/N, Centro Universitario, 76010, Santiago de Querétaro, Qro.

*ahalmada@uaq.mx*

Resumen — En este trabajo estudiamos la dinámica del Universo en su época temprana, específicamente en la época de la radiación cósmica de microondas, la cual se da después del Big-Bang, así como las perturbaciones que surgieron y sus repercusiones en la evolución hasta el día de hoy, todo esto a través del modelo  $\Lambda$ CDM, el cual nos dice que el Universo se encuentra en una etapa de expansión acelerada y haciendo uso de la librería CLASS y los datos de Planck 2011 y Planck 2013, se obtienen las características de las principales componentes del Universo, materia bariónica, materia oscura y energía oscura y como es que el valor de la constante Hubble repercute sobre ellas si su valor se varía.

Palabras clave — Cosmología, CMB, Energía oscura.

Abstract — In this work we study the dynamics of the Universe in its early epoch, specifically in the epoch of cosmic microwave radiation, which occurs after the Big-Bang, as well as the disturbances that arose and their repercussions on evolution until the day of Today, all this through the  $\Lambda$ CDM model, which tells us that the Universe is in a stage of accelerated expansion and using the CLASS library and the data from Planck 2011 and Planck 2013, the characteristics of the main components are obtained of the Universe, baryonic matter, dark matter and dark energy and how the value of the Hubble constant affects them if the value is varied..

Keywords — Cosmology, CMB, Dark Energy.

## I. INTRODUCCIÓN

La cosmología es una rama de la física que estudia las leyes generales del origen y evolución del Universo, desde el Big-Bang hasta el día de hoy y su posible desenlace. Las observaciones actuales a las Supernovas Tipo Ia (SNIa), el fondo cósmico de microondas (CMB), las oscilaciones acústicas de bariones (BAO), y las mediciones directas al Parámetro de Hubble (OHD), indican, en conjunto, que el Universo se encuentra en una expansión acelerada, además la velocidad de rotación de las galaxias apunta a un excedente de materia que aún no ha sido detectado, estos fenómenos se denominan energía oscura y materia oscura, respectivamente.

### I.I ENERGÍA OSCURA

La energía oscura es una fuerza de naturaleza desconocida causante de la expansión acelerada del Universo. En los primeros años del siglo XX, Einstein predijo la existencia de una constante cosmológica  $\Lambda$ , que representaba la energía del vacío y además mantenía al Universo estático. Años más tarde, basados en las observaciones cosmológicas realizadas por Edwin Hubble, se comprobó que el Universo se encontraba en expansión, por lo cual, Einstein eliminó la constante cosmológica de sus ecuaciones, sin embargo, la energía oscura tiene un comportamiento similar a la constante cosmológica, pues no solo equilibra la gravedad, sino que tiene una presión negativa que es lo que hace que el Universo se acelere.

El término energía oscura fue propuesto en 1998 por Michael Turner, cuando los cosmólogos anunciaron la existencia de un elemento adicional en el Universo, proveniente de las observaciones a supernovas tipo Ia realizadas por Adam Riess [ ] y confirmadas más tarde por Saul Perlmutter.

Estudios realizados por Hubble Space Telescope, aseguran que la energía oscura ha estado presente en el Universo por al menos 9000 millones de años. Aunque la energía oscura aún no ha sido detectada, ya que no interactúa con la materia bariónica, con luz o con cualquier otro tipo de radiación electromagnética, se estima que cerca del 70% de lo que compone al Universo es este tipo de energía desconocida.

### I.II MATERIA OSCURA

La materia oscura es un tipo de materia, que compone alrededor del 25 % del Universo, no interactuante con materia bariónica, ni con radiación electromagnética, y se sabe de su existencia gracias a los efectos gravitacionales que provoca. El descubrimiento de la materia oscura se dio en 1933 por Fritz Zwicky, cuando se encontró evidencia de una masa no visible, que provocaba que las observaciones de la velocidad de rotación de las galaxias no coincidieran con lo predicho por la mecánica clásica, pues se esperaba que mientras más alejado estuviera del centro de la galaxia menor sería la velocidad de rotación. Otras consecuencias de la existencia materia oscura son los lentes gravitacionales y la distribución de temperatura del gas caliente en las galaxias.

Hasta ahora se desconoce que tipo de partículas componen la materia oscura, la cual debe ser materia oscura fría, para que así se permitiera la formación de estructura, algunos candidatos son los axiones y WIMPs, que son partículas de interacción débil incluyendo neutrinos, aunque estos han sido descartados ya que viajan a velocidades relativistas. [1]

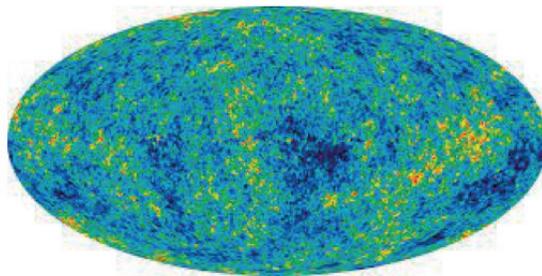
## II. MARCO TEÓRICO

### II.I FONDO CÓSMICO DE MICROONDAS

En los años cuarenta el físico George Gamow, argumentó que de haber existido el Big-Bang, deberíamos ser capaces de detectar una radiación proveniente de la gran explosión. Inicialmente su trabajo no tuvo un gran

impacto, hasta que en 1965, Robert Wilson y Arnold Penzias, dos ingenieros pertenecientes a los Laboratorios Bell Telephone, trabajaban en diseñar una antena para emitir ondas de radio de baja frecuencia, pero en todas estas frecuencias aparecía un ruido desconocido, mismo que relacionaron con palomas que habían construido su nido en las antenas, sin embargo al ahuyentar a las palomas el ruido persistió. Lo más curioso era que dicho ruido no tenía una dirección preferencial, es decir, era él mismo en cualquier dirección. James Peebles y Robert Dicke, astrofísicos del Centro de estudios avanzados de la Universidad de Princeton, explicaron que el ruido captado por las antenas era la radiación proveniente del Big-Bang, lo cual haría a Wilson y Penzias acreedores al Premio Nobel meses después.

*Fig. 1. Fluctuaciones de temperatura de fondo cósmico de microondas*



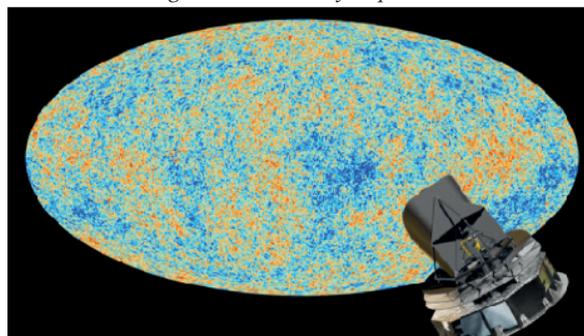
En la Figura 1, obtenida por la sonda Planck, podemos observar un mapa donde se observan pequeñas fluctuaciones en la temperatura que se corresponden con zonas que presentaban una densidad ligeramente distinta en la etapa más temprana del Universo.

El fondo cósmico de microondas junto al corrimiento al rojo son una de las pruebas más fuertes sobre teoría del Big-Bang. [2]

## II.1 SATÉLITE PLANCK

Al inicio de sus operaciones el satélite fue llamado COBRAS/SAMBA, por sus siglas en inglés (Cosmic Background Radiation Anisotropy Satellite/ Satellite for Measurement of Background Anisotropies), aunque al principio de su operación en 1996 fue renombrado en honor al científico Max Planck. El objetivo principal de este satélite es hacer un mapa de la radiación de fondo producida en el Big-Bang con una alta resolución para probar teorías del inicio y la evolución del Universo.

*Fig. 2. Satélite Planck y mapa CMB*



Planck puede ser considerado una máquina del tiempo, pues observa lo que ocurrió hace aproximadamente 13,700 millones de años, es decir, muy cerca del Big-Bang, y analiza con gran precisión los residuos de radiación

provenientes de la gran explosión. Estos resultados ayudan a la comunidad científica a crear y descartar modelos a cerca del origen y la evolución del Universo.

Lo que diferencia a Planck de misiones previas, es que mide con mayor precisión la temperatura de la radiación de CMB, lo cual permite tener imágenes de mayor calidad de la radiación remanente del Big-Bang. La alta sensibilidad de Planck dará como consecuencia el mejor mapa de aquellas anisotropías presentes en el CMB, permitiendo a los científicos aprender más sobre la evolución de la composición del cosmos.

Para terminar estas medidas de alta exactitud, Planck observa en 9 bandas del espectro electromagnético, a partir de un centímetro a un tercio de milímetro, lo correspondiente al rango de la longitud de onda que va de las microondas al infrarrojo bastante lejano. Los detectores de Planck se enfrían a temperaturas cercanas al cero absoluto debido a que, de otro modo, su propia emisión de calor alteraría las medidas. [3]

## II.1 $\Lambda$ CDM

$\Lambda$ CDM es el modelo cosmológico más simple, representa el modelo de concordancia del Big Bang que explica las observaciones cósmicas de la radiación de fondo de microondas, así como la estructura a gran escala del Universo y las observaciones realizadas de supernovas, este toma en cuenta tres componentes,  $\Lambda$ , una constante cosmológica asociada con la energía oscura, materia oscura fría, la cual indica que la velocidad de sus partículas es mucho menor que la velocidad de la luz, lo que permite la creación de estructura, por último materia bariónica, es decir, la materia que compone todo lo que podemos observar. En este modelo se estima que el 68.4 % de lo que compone al Universo es energía oscura, el 26.4% es materia oscura y el 5% restante pertenece a la materia bariónica. Además considera el valor del parámetro de Hubble alrededor de 73.23 km/s/Mpc.

La ecuación que modela la dinámica del Universo es la ecuación de Friedmann, y se expresa en términos del corrimiento al rojo  $z$ . Para el modelo la ecuación de Friedmann esta dada por:

$$E^2(z) = \frac{H^2(z)}{H_0^2} = \Omega_{m0}(1+z)^3 + \Omega_{r0}(1+z)^4 + \Omega_{\Lambda}(1)$$

$\frac{H^2(z)}{H_0^2} = \frac{\dot{a}}{a}$ ,  $a$  es el factor de escala y  $\dot{a} = \frac{da}{dt}$ ,  $H_0$  está relacionado con el parámetro de Hubble de la siguiente manera  $H_0 = 100h$ ,  $\Omega_{r0}$  es la radiación en la época actual y es del orden de  $10^{-5}$ , mientras que el parámetro  $\Omega_{m0}$  representa la materia bariónica y oscura y  $\Omega_{\Lambda}$  representa la materia oscura.

## III. MATERIALES Y MÉTODOS

### III.1 COSMIC LINEAR ANISOTROPY SOLVING SYSTEM (CLASS)

CLASS es un conjunto de códigos de uso libre y gratuito, los cuales están disponibles para Python y C++, que nos permiten simular la evolución de las perturbaciones lineales en el Universo, con lo que podemos calcular CMB y las observables a gran escala del Universo.

CLASS fue creado para dar a los cosmólogos un ámbito de codificación más flexible y simple de utilizar. CLASS está bastante estructurado, es simple de cambiar, tanto los valores de los parámetros libres, como de modelo cosmológico, CLASS incluye de manera predeterminada tres de los modelos cosmológicos más usados entre los cosmólogos, los cuales son  $\Lambda$ CDM,  $\omega$ CDM, CPL. [4]

La metodología seguida fue la siguiente:

- Se descarga los códigos de CLASS y se instalan siguiendo el tutoría en la página oficial de CLASS.
- Una vez instalados los códigos, buscamos el archivo default.ini, en donde podemos encontrar los valores de los

parámetros libres para el modelo elegido y en este caso variamos el valor del parámetro  $h$ .

c) Desde la terminal entramos a la carpeta de CLASS siguiendo la ruta a dónde se encuentra la carpeta.

d) Ya que nos encontramos en la carpeta desde la terminal, tecleamos 'make clean'.

e) Ahora tecleamos 'make class -j4', en donde '-j4' nos permite correr el código en paralelo y optimizar el tiempo de cómputo.

f) Una vez que la terminal termine este proceso tecleamos './class default.ini' y esto nos dará todos los datos necesarios para graficar.

g) Por último en un nuevo código creado por nosotros seleccionamos las columnas deseadas para cada gráfica y lo multiplicamos por un factor dado por el código de CLASS.

#### IV. RESULTADOS

Valores de  $h$

0.5

0.6

0.6781

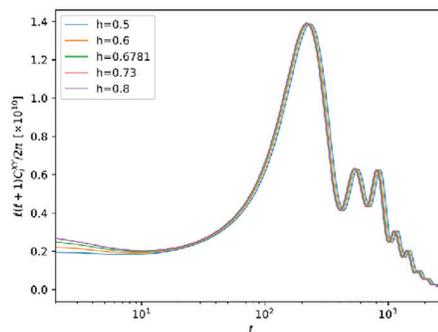
0.73

0.8

Tabla 1. Valores tomados para  $h$

Los valores tomados para  $h$ , se hicieron de acuerdo a los propuestos por Planck 2011 y Planck 2013 y además el cuarto valor es el obtenido por el ajuste de datos realizado en Imi-nuit.

Fig. 3. Power spectrum CMB para  $\Lambda$ CDM



#### V. DISCUSIÓN

En la Fig.3. podemos observar el power Spectrum, donde apreciamos tres picos, en donde el

1. El primero pico nos dice la geometría del Universo, en este caso, el Universo es plano, es decir, dos líneas paralelas no se interceptarán nunca.

2. El segundo pico nos dice que la materia ordinaria, es solo el 5% de la energía y materia total del Universo.

3. Y el tercer pico nos dice que el Universo esta compuesto en un 26% de materia oscura.

De estos tres picos, podemos concluir que el 31% del Universo esta compuesto por materia, ya sea materia oscura o bariónica, lo que nos lleva a concluir que el 69% del Universo esta compuesto por energía oscura.

## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En la Fig 3. Podemos ver los tres picos que se esperaban, diciéndonos así la distribución del Universo, y podemos observar que el variar el valor de  $h$  hace diferencia principalmente en los picos, que nos indica que los valores restantes, es decir, la masa y la curvatura, han variado en el tiempo ya que el valor de  $h$  ha cambiado.

Como trabajo a futuro planeamos hacer el mismo análisis del fondo cósmico de microondas para más modelos, tales como CPL y  $\omega$ CDM, las cuales hacen correcciones a la ecuación de estado de  $\omega$  de cada modelos y hacen que dependan del corrimiento al rojo  $z$ , es decir que dependan del tiempo.

## VII. RECONOCIMIENTOS (O AGRADECIMIENTOS)

Agradezco al Dr. Alberto Hernández Almada, por los conocimientos y el tiempo brindado a lo largo de esta estancia de verano.

## REFERENCIAS

- [1] An introduction to modern cosmology. Andrew R. Liddle(. Imperial Coll., London. ) 1998.
- [2] Tonatiuh Matos. (2004). ¿De qué está hecho el Universo?. México: Fondo de cultura económica.
- [3] European Space Agency . (2013). Planck: Resumen de la misión. 23/08/21, de European Space Agency Sitio web: [https://www.esa.int/Space\\_in\\_Member\\_States/Spain/Planck\\_Resumen\\_de\\_la\\_mision](https://www.esa.int/Space_in_Member_States/Spain/Planck_Resumen_de_la_mision)
- [4] M. Kilbinger, K. Benabed, O. Cappe, J. -F. Cardoso, G. Fort, S. Prunet, C. P. Robert, D. Wraith, [arXiv:1101.0950 [astro-ph.CO]].

## ETNOFARMACOLOGÍA DE LA FAMILIA ASTERACEAE

Ana Paola Castañón Servín

Universidad Autónoma de Querétaro

Centro Universitario, Cerro de las Campanas s/n C.P. 76010, Cto Universitario, Centro Universitario,  
76010 Santiago de Querétaro, Querétaro

*acastanon19@alumnos.uaq.mx*

Virginia Gabriela Cilia López

Universidad Autónoma de San Luis Potosí

Álvaro Obregón #64 San Luis Potosí, San Luis Potosí, México)

*gabriela.cilia@uaslp.mx*

Resumen — En este trabajo se realizó una revisión bibliográfica en diferentes bases de datos de 14 especies diferentes de Asteraceas que han sido utilizadas para investigaciones clínicas y de otra índole. Debido a que esta familia de plantas es muy conocida y ampliamente utilizada en la medicina tradicional alrededor del mundo, el conocer los compuestos activos que las hacen útiles es de gran importancia. De los 103 artículos analizados, 36 fueron descartados ya que no cumplieron con los criterios de inclusión por lo que a partir de 67 estudios se consiguió información sobre los posibles metabolitos que se pueden obtener en las muestras herbáceas, así como los compuestos responsables de actividades biológicas importantes.

Palabras clave — Asteraceae, Compositae, estudios clínicos.

Abstract — In this work, a bibliographic review was carried out in different databases of 14 different species of Asteraceae that have been used for clinical and other research. Since this family of plants is well known and widely used in traditional medicine around the world, knowing the active compounds that make them useful is of great importance. Of the 103 articles analyzed, 36 were discarded because they did not meet the inclusion criteria. Therefore, information on the possible metabolites that can be obtained from herbal samples, as well as the compounds responsible for important biological activities, was obtained from 67 studies.

Keywords — Asteraceae, Compositae, clinical studies.

## I. INTRODUCCIÓN PRINCIPAL

Las Asteráceas son una de las familias de plantas más grandes, contando con aproximadamente de 22,000 a 30,000 especies según diferentes autores (García et. al, 2004). Debido a la gran variedad de plantas florales que pertenecen a esta familia, también conocida como Compositae, a lo largo de la historia se han ido realizando diferentes clasificaciones o subdivisiones para poder entender a este grupo, siendo una de las más importantes la realizada por Alexandre-Henri-Gabriel de Cassini (Funk et. al, 2009). Actualmente se han reportado entre 950 y 1,450 géneros (Villaseñor, 2016) y de 36 a 38 tribus (Funk et al. 2009), estando presentes en todo el mundo a excepción de la región antártica. Las asteráceas suelen encontrarse principalmente en regiones con clima templado (García et. al, 2004) y se caracterizan por presentar inflorescencias agrupadas formando una inflorescencia primaria llamada capítulo (Britannica, 2015). Esta familia resulta ser evolutivamente muy exitosa ya que ha desarrollado distintos mecanismo de defensa, propiciando la producción de diferentes metabolitos como ácidos clorogénicos, isoflavonoides, lactonas sesquiterpénicas, alcoholes triterpénicos pentacíclicos, aceites esenciales, alcaloides, glúcidos y diversos derivados acetilénicos (Bohlmann, 1977).

Una gran variedad de asteráceas se han utilizado como medicinas desde la antigüedad y actualmente se han obtenido más de 7,000 compuestos de esta familia, de los cuales 5,000 presentan una actividad biológica (Panda, 2018) siendo los principales compuestos derivados de las especies los sesquiterpenos, lactonas sesquiterpénicas y flavonoides (Funk et.al, 2009). De la gran familia Compositae se conocen 420 especies medicinales (Jeschke, et. al., 2009) que tienen actividad antitumoral, antiulcerosa, antiinflamatoria, antibacteriana y para tratar tanto migrañas como problemas respiratorios (Heinrich. et.al. 1998, Lopes. et.al, 2021). En México esta familia ha sido utilizada para combatir diversas enfermedades infecciosas gastrointestinales, respiratorias y dentales (Cilia, et.al., 2021). Algunas de las especies más utilizadas son *Arnica Montana*, *Calendula officinalis*, *Matricaria chamomilla* y *Taraxacum officinale*.

Debido a que la familia Asteraceae es una de las familias más reconocidas y utilizadas a nivel mundial, este estudio tiene como objetivo analizar e identificar las especies que cuentan con usos en la medicina tradicional que actualmente están siendo utilizadas en estudios clínicos con humanos, con la finalidad de conocer los compuestos que les brindan las actividades deseadas.

## II. METODOLOGÍA

Se realizó una búsqueda en las siguientes bases de datos ScienceDirect, Springerlink, Scopus, PubMed, Redalyc, Scielo y google Scholar, usando como motores de búsqueda las palabras Asteraceae, Compositae, Asteraceae clinical studies y Compositae clinical studies. Se recopilaron todos los artículos científicos cuyos temas abarcan estudios preclínicos, caracterizaciones fitoquímicas y estudios de actividad farmacológica sin discriminar el año en que fueron publicados. Los estudios que se incluyeron en este metanálisis se definieron como aquellos que brindaran información acerca del sitio de recolección, las especies identificadas y la muestra de herbario, según lo recomendado por las Directrices sobre buenas prácticas de procesamiento de hierbas medicinales a base de hierbas (OMS 2018). Otros detalles extraídos de los artículos confirmados fueron la parte utilizada, dosis administradas, efectos y compuestos evaluados. La información recabada se ordenó alfabéticamente por tribu, género, especie y estudios farmacológicos/fitoquímicos. Los estudios cubrieron un período de 1998 al 2021.

## III. RESULTADOS

Se encontraron 14 asteráceas con estudios clínicos. Se encontró un total de 103 artículos que estudiaron actividades farmacológicas, de los cuales se descartaron 36 porque no cumplieron los criterios de inclusión. De

los 67 trabajos que cumplieron los criterios de inclusión, 22 de utilizaron para su análisis formulaciones y/o compuestos purificados, así como extractos comerciales de las plantas.

**Tabla 1. Compuestos identificados en distintas especies de la familia Asteracea**

| Especie                        | Terpenos | Esteroides | Aceites volátiles | Alcaloides | Fenoles | Glicósidos | Carbohidratos | Proteína | Referencias  |
|--------------------------------|----------|------------|-------------------|------------|---------|------------|---------------|----------|--|
| <i>Achillea millefolium</i>    | x        | x          |                   | x          | x       | x          | x             | x        | (Ajaz, et al., 2019),<br>(Ayoobi, et al., 2018),<br>(Dall'Acqua, et al., 2011) |
| <i>Ageratina pinchichensis</i> | x        | x          |                   |            | x       |            |               | x        | (Romero, et al., 2014),<br>(Torres, et al., 2013)                              |
| <i>Arnica Montana</i>          | x        |            |                   |            | x       |            |               |          | (Sharma, et al., 2015),<br>(Todorova, et al., 2016),<br>(Torres, et al., 2013) |
| <i>Artemisia Afra</i>          | x        | x          | x                 |            | x       | x          | x             |          | (Braunlich, et al., 2018),<br>(More, et al., 2012)                             |
| <i>Calendula Officinalis</i>   | x        |            |                   | x          | x       | x          | x             | x        | (Das, et al., 2019),<br>(Gunasekaran, et al., 202)                             |
| <i>Centipeda Minima</i>        | x        |            |                   |            | x       |            |               |          | (Chan, et al., 2016),<br>(Wang, et al., 2019)                                  |
| <i>Chamaemelum nobile</i>      |          |            |                   |            | x       |            |               |          | (Sándor, et al., 2018)   |
| <i>Cynara cardunculus</i>      | x        |            |                   |            | x       |            |               |          | (Kuczmánová, et al., 201)  |
| <i>Echinacea angustifolia</i>  |          | x          |                   |            | x       |            |               |          | (Ramasahayam, et al., 20)  |
| <i>Erigeron breviscapus</i>    | x        |            |                   |            | x       | x          |               |          | (Han, et al., 2019)  |
| <i>Matricaria chamomilla</i>   | x        |            |                   |            | x       |            | x             | x        | (Awad, et al., 2018)   |
| <i>Stevia rebaudiana</i>       |          |            |                   | x          | x       | x          |               | x        | (Chaudhary, et al., 2017)<br>(Zhang, et al., 2017)                             |
| <i>Silybum marianum</i>        |          |            |                   |            | x       |            |               |          | (Fallah, et al., 2006)   |
| <i>Taraxacum officinale</i>    | x        | x          | x                 | x          | x       | x          | x             | x        | (Ajaz, et al., 2019),<br>(Ghaima, et al., 2013)                                |

A pesar de que las investigaciones se lleven a cabo con 14 especies y en países diferentes, es notable que las partes aéreas y las hojas son los más utilizados para la obtención de extractos. En la tabla 1, se muestran los principales grupos de metabolitos secundarios encontrados a partir de muestras recolectadas y formulaciones compradas a laboratorios o farmacias.

**Tabla 2. Compuestos identificados en Asteracea con actividad biológica provada**

| Especie                        | Actividad  | Compuestos responsables   | Referencias   |
|--------------------------------|--|---|---|
| <i>Achillea millefolium</i>    | Inhibición de la muerte neuronal   | Apigenina y luteolina   |   |
|                                | Efectos beneficiosos sobre la memoria y el aprendizaje                                 | Apigenina y luteolina   | (Andrade, et al., 2004),<br>(Ayoobi, et al., 2018)                      |
| <i>Ageratina pinchichensis</i> | Antiespasmódico  | Quercetina, apigenina y luteolina   |   |
|                                | Antiinflamatorio   | (2S, 3R)-5-acetil-7,3-dihidroxi-2-(1-isopropenil)-2,3-dihidrobenzofurano                              | (Sánchez, et al., 2018)   |
| <i>Artemisia Afra</i>          | Antimicrobial  | (1-isopropenil)-2,3-dihidrobenzofurano  |   |
|                                | Antimicobacterial  | Artemin y Arsubin   | (Nlutela, et al., 2009)   |
| <i>Calendula officinalis</i>   | Efecto estimulante para la producción de ácido hialurónico                             | Ácido 28-O-β-D-glucopiranosil-oleanólico ácido 3-O-β-D-glucopiranosil (1,3)-β-D-glucopiranosidurónico |   |
|                                | Efecto estimulante de la biosíntesis de melanina                                       | Ácido 28-O-β-D-glucopiranosil-oleanólico ácido 3-O-β-D-glucopiranosil (1,3)-β-D-glucopiranosidurónico | (Zaki, et al., 2018)  |
|                                | Efecto estimulante sobre la lipasa   | ácido oleanólico 3-O-β-D-glucopiranosil(1,3)-β-D ácido glucopiranosidurónico                          |   |
| <i>Centipeda Minima</i>        | Neuroprotección  | ácido oleanólico 3-O-β-D-glucopiranosil(1,3)-β-D ácido glucopiranosidurónico                          |   |
|                                | Anticancer   | Brevelin A y Arnicolide D   | (Ding, et al., 2009),<br>(Liu, et al., 2019),<br>(Saleem, et al., 2020) |
|                                | Antitumoral  | 6-O-angeloilplenolina y timol-b-glucopiranosido   |   |
| <i>Erigeron breviscapus</i>    | Neuroprotección  | Escutellarina, brevisterpeno C20H34O7 y brevisterpeno C20H34O7  |   |
|                                | Inhibición de la formación de adherencias  | Breviscapina  | (Han, et al., 2019),<br>(Zhang, et al., 2016)                           |
| <i>Silybum marianum</i>        | Protección contra la disfunción y el daño endotelial inducidos por el estrés oxidativo | Escutellarina   |   |
|                                | Antioxidante   | Silimarina  |   |
|                                | Galacltagogo   | Silibinin   | (Fallah, et al., 2006).   |
| <i>Stevia rebaudiana</i>       | Ovulatorio   | Silibinin   |   |
|                                | Cardioprotector  | Silymarin   |   |
| <i>Taraxacum officinale</i>    | Antiinflamatorio   | Estevióside   | (Chaudhary, et al., 2017)   |
|                                | Hepatoprotector  | Estevióside   |   |
|                                | Antiviral  | Taraxasterol  | (Yang, et al., 2020)  |

La Asteraceae con mayor cantidad de grupos de compuestos reportados en los estudios encontrados fue *Taraxacum officinale*, presentando al menos un metabolito de cada grupo, mientras que la especie con menor información fue *Chamaemelum nobile*.

Si bien las diferentes Compositae investigadas han sido utilizadas en la medicina tradicional para el tratamiento de dolor menstrual, (Dall'Acqua, et. al., 2011) infecciones respiratorias, dolencias digestivas infecciones cutáneas, heridas, (Torres et. al., 2013, Zaki, et. al., 2016) tos, resfriados, diarrea (More, et. al., 2021) enfermedades inflamatorias (Wang, et. al., 2016), entre otras, actualmente se han encontrado más actividades biológicas importantes derivadas de compuestos aislados de extractos herbáceos, las cuales se muestran en la tabla 3.

#### IV. CONCLUSIONES

En este proyecto se realizó la revisión bibliográfica de distintos artículos de investigación con el fin de encontrar los compuestos que le brindan a las plantas de la familia Asteraceae las actividades biológicas importantes para su uso en la medicina tradicional. Los resultados obtenidos fueron satisfactorios ya que de las 14 especies revisadas, se ubicó al menos un compuesto de 13 de ellas.

#### V. RECONOCIMIENTOS

Expreso mi agradecimiento a la doctora Virginia Gabriela Cilia López por aceptarme en su proyecto y por el apoyo otorgado para la realización de la estancia de verano.

#### REFERENCIAS

- Bohlman, F., (1977). Summary of the chemistry of the Compositae. En: Heywood, Harborne & Turner (eds.), *The Biology and Chemistry of the Compositae*, 2: 1097-1104. London, Academic Press
- Britannica, The Editors of Encyclopaedia. (2015). "Asteraceae". *Encyclopedia Britannica*. <https://www.britannica.com/plant/Asteraceae>.
- Dall'Acqua, S., Bolego, C., Cignarella, A., Gaion, R. M., y Innocenti, G. (2011). Vasoprotective activity of standardized *Achillea millefolium* extract. *Phytomedicine*, 18(12), 1031–1036. doi:10.1016/j.phymed.2011.05.005
- Cilia V., Cariño R., y Zurita L. (2021). Ethnopharmacology of the Asteraceae family in Mexico. *Botanical Sciences*, 99(3), 455-486. <https://doi.org/10.17129/botsci.2715>
- Funk V., Susanna A., Stuessy T y Bayer R. (2009). Systematics, evolution, and biogeography of Compositae. *Iapt. International Association for Plant Taxonomy*.
- García A., de Jesús M. y Briones M. (2004). Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de biología Universidad Nacional Autónoma de México. Primera edición.
- Heinrich, M., Robles, M., West, J. E., Ortiz de Montellano, B. R., y Rodriguez, E. (1998). ETHNOPHARMACOLOGY OF MEXICAN ASTERACEAE (COMPOSITAE). *Annual Review of Pharmacology and Toxicology*, 38(1), 539–565. doi:10.1146/annurev.pharmtox.38.1
- Jeschke, E., Ostermann, T., Lüke, C., Tabali, M., Kröz, M., Bockelbrink, A., Witt, C. M., Willich, S. N., y Matthes, H. (2009). Remedies containing Asteraceae extracts: a prospective observational study of prescribing patterns and adverse drug reactions in German primary care. *Drug safety*, 32(8), 691–706. <https://doi.org/10.2165/00002018-200932080-00007>.
- Lopes, D., de Oliveira, T. B., Viçosa, A. L., Valverde, S., y Ricci Júnior, E. (2021). Anti-Inflammatory Activity of the Compositae Family and Its Therapeutic Potential. *Planta medica*, 87(1-02), 71–100. <https://doi.org/10.1055/a-1178-5158>.
- More, G., Lall, N., Hussein, A., y Tshikalange, T. (2012). Antimicrobial Constituents of *Artemisia afra* Jacq.

- ex Willd. against Periodontal Pathogens. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 1–7. doi:10.1155/2012/252758
- OMS (2018). Estrategia de la OMS sobre medicina tradicional 2014-2023. Organización mundial de la salud.
- Panda S. y Luyten W. (2018) Antiparasitic activity in Asteraceae with special attention to ethnobotanical use by the tribes of Odisha, India. EDP Science. Parasite 25, 10. <https://doi.org/10.1051/parasite/2018008>
- Torres L., Rojas J., Morales A., Rojas L., Lucena M., y Buitrago A. (2013). Chemical composition and evaluation of antibacterial activity of essential oils of *Ageratina jahnii* and *Ageratina pichinchensis* collected in Mérida-Venezuela. Bol Latinoam Caribe Plant
- Wang S., Wang Y., Liu X., Guan L., Yu L. y Zhang X. (2016). Anti-inflammatory and anti-arthritic effects of taraxasterol on adjuvant induced arthritis in rats. Journal of Ethnopharmacology 187.42–48
- Zaki, A., Ashour, A., Mira, A., Kishikawa, A., Nakagawa, T., Zhu, Q., y Shimizu, K. (2016). Biological Activities of Oleanolic Acid Derivatives from *Calendula officinalis* Seeds. Phytotherapy Research, 30(5), 835–841. doi:10.1002/ptr.5589

# ESTUDIO DE MATERIALES FOSFORESCENTES CON APLICACIONES EN REVELADO DE HUELLAS DACTILARES Y CRIMINALÍSTICA.

Ibarra Medina María Fernanda  
Universidad Autónoma de Querétaro  
Facultad de Química  
Cerro de las campanas s/n, Centro Universitario, C.P. 76010 Santiago de Querétaro, Qro.  
*mibarra05@alumnos.uaq.mx*

Rodríguez García Carlos Eduardo  
Universidad Autónoma de Coahuila  
Prof. David Berlanga S/N Edif. A. Unidad Camporredondo, Saltillo, Coah.  
*crodriguezgarcia@uadec.edu.mx*

Resumen — Los materiales luminiscentes, especialmente los fosforescentes, han demostrado una capacidad relevante para el área de criminalística por su aplicación que tienen en el revelado de huellas dactilares sobre distintas superficies. Los cuales se obtienen bajo sencillas síntesis y presentan mejores ventajas sobre métodos de revelado tradicionales o en donde se emplean materiales comerciales. Estos compuestos fosforescentes se caracterizan por ser dopados con una o más tierras raras. Teniendo como objetivo, la síntesis de aluminato de estroncio dopado con europio ( $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{+2}$ ) mediante un tratamiento térmico y revelar con él, una huella dactilar impresa en papel aluminio.

Palabras clave — Luminiscencia, fosforescencia, aluminato, huellas dactilares.

Abstract — Luminescent materials, particularly phosphorescent ones, have demonstrated to have a relevant capacity for the forensic science due to their application in the development of fingerprints revealing on different surfaces. Phosphorescent materials were synthesized by combustion method, which show better advantages over traditional methods or where commercial materials are used. These materials were doped with one or more rare earths. The objective is the synthesis of strontium aluminate doped with europium ( $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{+2}$ ) through a thermal treatment and test the finally compound for revealing fingerprint on aluminum foil.

Keywords — Luminescence, phosphorescence, aluminate, fingerprints.

## I. INTRODUCCIÓN

Todos los individuos tienen una serie de características que los hacen auténticos, diferenciándolos unos de otros, que al emplear las herramientas idóneas se puede llevar a cabo el reconocimiento de alguna cualidad para identificar a una persona.

Un buen ejemplo son las huellas dactilares. Al ser intransferibles, presentando señales únicas, su identificación ha sido empleada como mecanismo de seguridad para la adquisición de datos o validar identidades, así como también para la resolución de casos penales dado que es un elemento jurídicamente reconocido para argumentos sostenibles [1].

Existen diversos métodos de revelado, que dependiendo del estado en donde se encuentra la huella, emplean diferentes técnicas para que el resultado sea el óptimo. Estas técnicas siempre se encuentran en una mejora continua, siendo la biometría empleada con mayor frecuencia por su universalidad, diferenciación, estabilidad, capacidad de evaluación, rendimiento y aceptabilidad [2].

Generalmente, las huellas dactilares se pueden observar por la cantidad de polvo o grasa acumulada en ellas y debido a que no se pueden observar a simple vista se ha propuesto el uso de polvos luminiscentes que con el respaldo del Sistema Automatizado de Identificación de Huellas Dactilares (AFIS) ayuda al proceso de conservación, búsqueda y comparación de estas [3].

La presente investigación tiene como objetivo la síntesis de un material fosforescente dopado con Europio, mediante un tratamiento térmico con la técnica de combustión, con una mezcla de nitratos y urea, para darle una aplicación en el revelado de huellas dactilares y criminalística.

## II. MARCO TEÓRICO

Las huellas dactilares son la reproducción de la epidermis, formadas por crestas y surcos, que en conjunto comprenden un patrón. En dichos patrones, se pueden observar bucles, espirales y arcos. Los analistas identifican estos puntos específicos para comparar los detalles y declarar si coinciden entre la huella dactilar sospechosa y la digital conocida [4].

Las muestras de huellas dactilares pueden ser encontradas en superficies blandas como impresiones tridimensionales, en superficies duras como impresiones patentes (visibles) o latentes (invisibles). Siendo necesario emplear de polvos, reactivos químicos o fuentes de luz alternativas para la detección de las latentes [4].

Antes de emplear polvos que puedan contaminar las evidencias, cuando la cantidad depositada es en exceso, suelen exponerse a vapores de cianocrilato cuando son superficies no porosas (como metal, vidrio o plástico), adhiriéndose a las posibles impresiones y de esta manera serán visibles ante luz ambiental oblicua o una fuente de luz blanca. También, suelen emplear dispositivos láser o LED con diferentes filtros, empleados como fuentes de luz alternativa para proporcionar una variedad de espectros en donde pudieran existir impresiones latentes de huellas dactilares [4].

En el caso de llevar a cabo un análisis en superficies porosas (como papel, tela o madera), se procesan con productos químicos para que reaccionen con los residuos de aminoácidos y sales orgánicas de las impresiones latentes. Un ejemplo de estos son los polvos luminiscentes, su aplicación hace que las huellas dactilares brillen cuando se iluminan con una lámpara UV (ultravioleta), luz blanca u otro tipo de luz según sea el caso. Pueden ser fosforescentes o fluorescentes, la diferencia entre estos depende del tiempo de luminiscencia que presente, después de ser excitados con luz UV o IR (infrarroja) [3,4].

Un material fácil de sintetizar y a bajo costo, es el aluminato de estroncio dopado con iones de europio ( $\text{SrAl}_2\text{O}_4: \text{Eu}^{+2}$ ), su síntesis es posible mediante combustión, en estado sólido o por co-precipitación hidrotermal. Se ha reportado que emite luz verde a 526 nm bajo excitación de luz ultravioleta, sin embargo, también se ha

exhibido un color cian cuando confiere una estructura ortorrómbica después de la excitación de 365 nm con un pico de emisión a 495 nm y dopado no sólo con  $\text{Eu}^{+2}$ , incluyendo disprosio ( $\text{Dy}^{+3}$ ) y su fase monoclinica presenta una longitud de onda de emisión de 518 nm con un pico de excitación a 365 nm con una coloración verde [4].

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### III.1 SÍNTESIS DE ALUMINATO DE ESTRONCIO DOPADO CON EUROPIO ( $\text{SrAl}_2\text{O}_4: \text{Eu}^{+2}$ )

La síntesis emprendida fue mediante combustión del compuesto  $\text{SrAl}_2\text{O}_4: \text{Eu}^{+2}$ . Se pesó 0.583 g de nitrato de estroncio ( $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ ), 5.058 g de nitrato de aluminio ( $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ), 0.085 g de nitrato de europio pentahidratado (III) ( $\text{Eu}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) y 3.239 g de urea ( $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ). En un vaso de precipitado se colocó 15 ml de agua destilada para diluir los compuestos previamente pesados, con ayuda de un plato con agitación para evitar la formación de grumos. Se colocó sobre el vaso un vidrio de reloj para después meterlo a la mufla por 20 minutos a  $650^\circ\text{C}$  [4].

#### III.2 TRATAMIENTO TÉRMICO

Una vez sintetizado el  $\text{SrAl}_2\text{O}_4: \text{Eu}^{+2}$ , se molió con ayuda de un mortero y pistilo hasta obtener un polvo fino. Se agregó 12 gotas de polivinil alcohol y se continuó moliendo para formar una mezcla homogénea, que posteriormente se colocó en una prensa para formar una pastilla. Por último, en un crisol de alúmina, se le dio un tratamiento térmico con atmósfera de carbón a  $1100^\circ\text{C}$  por 6 horas en la mufla [4].

#### III.3 REVELADO DE HUELLAS DACTILARES

Se imprimieron una serie de huellas dactilares en papel aluminio, una tarjeta de crédito y una cerradura. Tras moler finamente la pastilla formada, se esparció sobre las huellas dactilares de forma uniforme y retirando el exceso del polvo [4]. También se reveló una huella dactilar con un material comercial y uno fluorescente, para comparar los resultados obtenidos.

### IV. RESULTADOS

*Fig. 1. Pastillas de  $\text{SrAl}_2\text{O}_4: \text{Eu}^{+2}$  bajo la irradiación de luz UV*

*Fig. 2. Revelado de una huella dactilar sobre papel aluminio con  $\text{SrAl}_2\text{O}_4: \text{Eu}^{+2}$ , bajo la irradiación de luz UV.*



Fig. 3. Revelado de una huella dactilar sobre papel aluminio con un material fosforescente comercial, bajo la irradiación de luz UV.

Fig. 4. Revelado de una huella dactilar sobre papel aluminio con un material fluorescente, bajo la irradiación de luz UV.

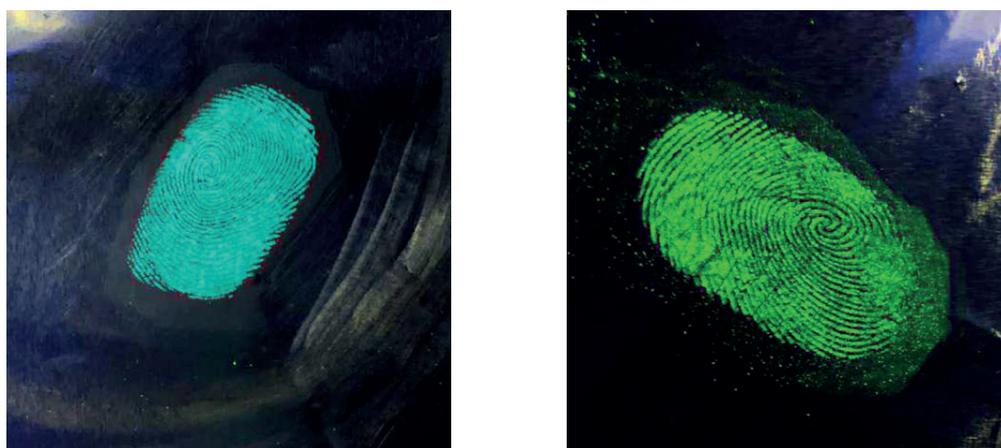
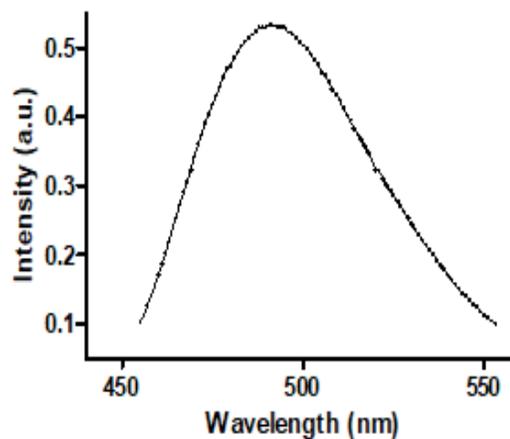
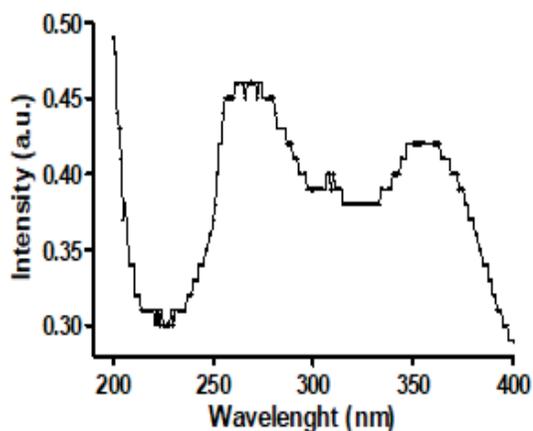


Fig. 5. Espectro de excitación de  $\text{SrAl}_2\text{O}_4: \text{Eu}^{+2}$ , monitoreando la luz UV a 493 nm.

Fig. 6. Espectro de emisión de  $\text{SrAl}_2\text{O}_4: \text{Eu}^{+2}$ , bajo irradiación de luz UV a 265 nm.



## V. DISCUSIÓN (O ANÁLISIS DE RESULTADOS)

El material fosforescente sintetizado, se observa en la figura 1, irradiado con una lámpara de luz UV, en donde se puede observar con claridad el color verde azulado que emite, el cual; absorbe la energía de onda corta (UV) y la disipa de manera gradual en la oscuridad en una longitud de onda más larga.

Los iones de las tierras raras aumentan la intensidad de las propiedades luminiscentes, ya que tienen la capacidad de reemplazar ciertos iones, para este caso los de Sr, confiriéndole una alta eficiencia cuántica y estabilidad por su transición foto-electrónica ( $4f^5d$ ), por lo que los iones  $\text{Eu}^{+2}$  le brindan una persistencia más prolongada a su actividad luminiscente, por ser iones activadores para la red cristalina del  $\text{SrAl}_2\text{O}_4$ , siendo directamente proporcional el aumento de intensidad y duración de fosforescencia con la cantidad de iones de esta tierra rara, aunque por falta de pruebas no se puede dar a conocer la concentración máxima y óptima para que este com-

puesto presente la mejor eficiencia posible. Se ha demostrado que al dopar con  $Dy^{+3}$ , además de  $Eu^{+2}$ , mejora su fosforescencia porque la composición de sus iones repercute para que su emisión sea más intensa, debido a que crean niveles trampa entre la banda de valencia y la banda de conducción cuando se excitan los electrones del material fosforescente, siendo ideal para el revelado de huellas dactilares en escenas de crímenes [4-5].

Sobre una hoja de papel aluminio se realizó el revelado de huellas dactilares (figura 2, 3 y 4), mostrando con nitidez la impresión de esta cuando fue aplicada el polvo sintetizado de  $SrAl_2O_4:Eu^{+2}$ , sin embargo, a pesar de que se dispersa con facilidad generando un contraste alto para diferenciar a detalle cada zona que conforma una huella dactilar sin esfuerzo, es decir, a simple vista, presentó el inconveniente de que la molienda de la pastilla no haya sido lo más fina posible, dado que al esparcir el polvo produjo manchas indeseables, la problemática podría interferir para el estudio con AFIS. Siendo esa la ventaja que se observó al usar el material fosforescente comercial, ya que, al tener una molienda más fina y tamizada, su esparcimiento sobre la impresión fue más uniforme por lo que no generó manchas como interferencia para analizar los detalles de la huella dactilar.

En la figura 4 se presenta la evidencia de un revelado utilizando un material fluorescente, el cual, demostró una ventaja sobre los fosforescentes al revelar huellas dactilares latentes aun cuando no se excite con alguna fuente de luz alternativa, es decir; con la luz blanca o natural fue suficiente para poder observar los detalles del revelado, con un alto contraste y definición. Aunque, la síntesis de materiales fosforescentes brinda una amplia apertura por la variedad de colores que pueden originar, considerando durante el desarrollo la mejora para su intensidad de resplandor, también presentan la ventaja de que pueden ser aplicados en diferentes superficies, por lo que siguen siendo buenos candidatos para su uso [3]

Fue empleado el software GraphPad 5.00 para realizar los gráficos que se muestran en las figuras 5 y 6, en donde se midió la longitud de onda excitada (493 nm) y emitida (265 nm) de nuestro material fosforescente monitoreando e irradiando con luz UV, respectivamente. Con estos datos, y sin contar con algún otro parámetro de medida, podemos tener una prueba de que presenta una estructura cristalina ortorrómbica, dado que coinciden sus características, incluso del color que emite, con el reportado en el artículo de investigación en D. Chávez, a pesar de que no se haya dopado con  $Dy^{+3}$  y porque las propiedades que se describen para la morfología de una estructura monoclinica no coinciden con las que presentó el  $SrAl_2O_4:Eu^{+2}$  [4].

## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se sintetizó aluminato de estroncio dopado con europio ( $SrAl_2O_4:Eu^{+2}$ ), empleando la técnica de combustión, con una mezcla de nitratos y urea. El cual, bajo luz ultravioleta emitió a 493 nm y excitó a 265 nm un color verde azulado.

Se reveló una huella dactilar impresa sobre papel aluminio con el material fosforescente obtenido, sin embargo; se desconoce el tiempo de persistencia de su emisión, por lo que se recomienda que en un estudio posterior se realicen pruebas con un fluorómetro y se respalde la estructura con un difractograma de rayos X, al igual, observarlo bajo microscopía electrónica de barrido, contribuyendo a una mejora de sus propiedades para que sea un material más competente con los que ya se cuentan.

## VII. AGRADECIMIENTOS

Como un testimonio de gratitud a la Facultad de Química de la Universidad Autónoma de Querétaro y a la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas de la Universidad Autónoma de Coahuila por hacer posible esta investigación durante el verano de la ciencia.

Expreso mi especial agradecimiento al Dr. Carlos Eduardo Rodríguez García por su asesoría brindada durante la investigación y a la M. en C. Alma Delia Bertadillo Jilote por formar parte de mi desarrollo como estudiante

de QFB.

Así como a Nelson Oshogwue Etafo, Jesús Iván Ruíz Martínez y Joshua Omar Carranza, por su atenta guía brindada.

#### REFERENCIAS

- [1] J. J. Pinzón García, J. Riaño Torres y H. J. Robles Martínez. Usos ilícitos que puede darse a la trasplatación de huellas dactilares en documentos privados [PhD Tesis]. Universidad La Gran Colombia, Bogotá D. C., Colombia, 2018.
- [2] S. J. Ríos Rodríguez. Verificación del proceso de autenticación biométrica en entidades bancarias, como herramienta para la prevención de falsedad personal [PhD Tesis]. Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia, 2020.
- [3] D. Chávez, C. R. García, J. Oliva y L. A. Díaz-Torres. “A review of phosphorescent and fluorescent phosphors for fingerprint detection”, *Ceramics International*. Vol 47, Issue 1, pp 10-41. Disponible en: A review of phosphorescent and fluorescent phosphors for fingerprint detection - ScienceDirect [consultado en 2021]
- [4] Centro Nacional de Tecnología de Ciencias Forenses (NFSTC). “A Simplified Guide To Fingerprint Analysis”. Disponible en: Fingerprint Analysis: Introduction (forensicsciencesimplified.org) [consultado en 2021]
- [5] H. Nath Luitel, T. Watari, R. Chand, T. Torikai y M. Yada. “Giant Improvement on the Afterglow of Sr<sub>4</sub>Al<sub>14</sub>O<sub>25</sub>:Eu<sup>2+</sup>, Dy<sup>3+</sup> Phosphor by Systematic Investigation on Various Parameters”, *Journal of Materials*. Vol 2013, Article ID 613090, 10 pages. Disponible en: Giant Improvement on the Afterglow of Sr<sub>4</sub>Al<sub>14</sub>O<sub>25</sub>:Eu<sup>2+</sup>, Dy<sup>3+</sup> Phosphor by Systematic Investigation on Various Parameters (hindawi.com) [consultado en 2021]

## LA EXPERIMENTACIÓN EN EL APRENDIZAJE DE CIENCIAS NATURALES EN UN CONTEXTO MULTIGRADO

Karen Alicia Alvarado Bocanegra  
 Centro Regional de Educación Normal “Profra. Amina Madera Lauterio”  
 Prowl. Manuel José Othón S/N  
*karen.alvarado.bocanegra2018@gmail.com*

Estanislado Vázquez Morales  
 Centro Regional de Educación Normal “Profra. Amina Madera Lauterio”  
 Pról. Manuel José Othon S/N  
*estanisaid@gmail.com*

Resumen —La investigación se llevó a cabo en un contexto multigrado con alumnos ubicados en la escuela primaria de Cerro de Flores Cedral San Luis Potosí. En la asignatura de ciencias naturales de educación primaria, se focalizó la importancia que tiene la experimentación en el aprendizaje y desarrollo del alumno.

Esta investigación tuvo el objetivo de analizar los procesos de la experimentación en ciencias naturales para fortalecer el aprendizaje de los alumnos de cuarto a sexto grados a partir de un diagnóstico situado, análisis de la información, diseño de una propuesta de intervención y aplicar ciertos experimentos para comprobar su aprendizaje. Se desarrolló bajo un enfoque cualitativo, con un paradigma interpretativo. En su desarrollo se generó excelente aceptación en los alumnos.

Palabras clave — Aprendizaje, alumnos, experimentación, multigrado, proceso.

Abstract — The research was carried out in a multigrade context with students located in the primary school of Cerro de Flores Cedral San Luis Potosí. In the subject of natural sciences in primary education, the importance of experimentation in student learning and development was focused. This research aimed to analyze the processes of experimentation in natural sciences to strengthen the learning of students from fourth to sixth grades from a situated diagnosis, analysis of the information, design an intervention proposal and apply certain experiments to check your learning. It was developed under a qualitative approach, with an interpretive paradigm. In its development, excellent acceptance was generated in the students.

Keywords — Learning, students, experimentation, multigrade, process.

## I. INTRODUCCIÓN

La presente investigación expone la importancia del desarrollo de la experimentación en el aprendizaje de los alumnos en un contexto multigrado, se llevó a cabo en un contexto multigrado con alumnos de 4°,5°y 6°. El objetivo fue lograr que los docentes implementaran estrategias que favorecieran el ambiente y el aprendizaje dentro de las aulas; así mismo, relacionar la experimentación a los contenidos de ciencias naturales para fortalecer el aprendizaje de los alumnos.

A lo largo de la síntesis se muestran diseños de las estrategias que ayudaron a lograr combatir la problemática que se presentó dentro del aula.

## II. MARCO TEÓRICO

La experimentación en palabras de Vega (1996) la plantea como una estrategia didáctica que genera poner en práctica la hipótesis y explicaciones, para poder determinar lo que se observa y sacar propias deducciones de los resultados de la experimentación. Siempre hemos sabido que el hacer experimentos en infantil es una actividad que a los niños les emociona y motiva mucho, por los materiales que utilizan y las reacciones que observan.

El aprendizaje es un proceso mediante el cual el sujeto, a través de la experiencia, la manipulación de objetos, la interacción con las personas, genera o construye conocimiento, modificando, en forma activa sus esquemas cognoscitivos del mundo que lo rodea. Para Vygotsky el aprendizaje es una actividad social, y no sólo un proceso de realización individual como hasta el momento se ha sostenido; una actividad de producción y reproducción del conocimiento mediante la cual el niño asimila los modos sociales de actividad y de interacción, bajo condiciones de orientación e interacción social.

Se comprende el aprendizaje como un proceso mediante el cual modificamos y adquirimos habilidades, destrezas, conocimientos, conductas y valores, adquirido a través de experiencias, la observación y la interacción con el entorno y su contexto de manera significativa.

Zabalza (1990) enuncia a la enseñanza como una comunicación en la medida en que responde a un proceso estructurado, en el que se produce intercambio de información (mensajes entre profesores y alumnos). Mientras que Stenhouse (1991, 53) describe a la enseñanza como estrategias que adopta la escuela para cumplir con su responsabilidad de planificar y organizar el aprendizaje de los niños. Se comprende que enseñanza es la transmisión de conocimientos, técnicas, estrategias, normas y habilidades por medio de la interacción en un contexto social.

Para Vygotsky, el contexto social influye en el aprendizaje más que las actitudes y las creencias; tiene una profunda influencia en cómo se piensa y en lo que se piensa. Para Piaget, el contexto es en el cual el sujeto aprende por un proceso de maduración individual, a través de sus propias acciones y en interacción con la realidad. Al analizar los conceptos de los dos autores en lo personal, entiendo como contexto al entorno en el que el alumno se desenvuelve y se enfrenta a situaciones en las que existe un proceso de comunicación ya sea con un individuo o más para así producir un mensaje.

## III. MATERIALES Y MÉTODOS

Tabla 1. Conoce la acción capilar

|   |                 |
|---|-----------------|
| Propósito: Logre abrir su imaginación y entender la acción capilar. |                 |
| <b>SECUENCIA DE ACTIVIDADES</b>                                     | <b>RECURSOS</b> |

|   |   |
|---|---|
| <p>Actividad inicial</p> <p>Introducir a los alumnos al tema el cual será “la acción capilar” comenzando interrogando a los alumnos_</p> <p>¿Alguna vez han escuchado que es la acción capilar?</p> <p>¿A qué crees que se refiera cuando hablamos de la acción?</p>  | <p>-6 vasos de vidrio</p> <p>Toallas de papel o servilletas.</p> <p>- Colorante alimenticio</p> <p>- Agua</p> |
| <p>Actividad de desarrollo</p> <p>Explicar el concepto de acción capilar.</p> <p>Preparar los materiales para realizar el experimento: Junta 3 de los frascos y rellénalos con agua, 10 gotas de colorante alimentario, luego coloca los 3 vasos restantes intercalados, coloca las servilletas en cada vaso, luego observen como los colores se van mezclando y dando origen a otros nuevos.</p> |                            |
| <p>Actividad de cierre</p> <p>Socializar la clase aclarando dudas por medio de la lluvia de ideas.</p> <p>Pedir a cada alumno realizar un escrito sobre su experiencia y el aprendizaje que les dejo.</p>   |   |

## EVALUACIÓN

| MOMENTO    | EVIDENCIA/PRODUCTO         | TÉCNICAS E INSTRUMENTOS     |
|------------|----------------------------|-----------------------------|
| Inicio     | Participación individual   | Observación/Lista de cotejo |
| Desarrollo | Desarrollo del experimento | Observación/Lista de cotejo |
| Cierre     | Participación individual   | Observación/Lista de cotejo |

Tabla 2. Vive la erupción de un volcán

|  |   |
|--|---|
| <p>Propósito: Desarrolle la curiosidad sobre las reacciones químicas y así conozcan cómo es un volcán y vean cómo surge la erupción.</p>   |   |
| <p><b>SECUENCIA DE ACTIVIDADES</b></p> <p>Actividad inicial</p> <p>Introducir a los alumnos al tema el cual será “la erupción volcánica” por medio de una dinámica llamada “enanos y gigantes” el alumno que vaya perdiendo tendrá que responder los siguientes cuestionarios:</p> <p>¿Alguna vez has escuchado el por qué la reacción de un volcán?</p> <p>¿Qué sustancias crees que erupciones si las mezclas?</p> <p>¿Dónde se encuentran los volcanes?</p> | <p><b>RECURSOS</b></p> <p>Tazas de harina</p> <p>- ½ taza de agua tibia.</p> <p>- Botella de plástico (tamaño personal)</p> <p>- 4 cucharadas de aceite de cocina.</p> <p>- 2 tazas de sal</p> <p>- Una base de cartón.</p> |

|  |  |
|--|--|
| <p>Actividad de desarrollo</p> <p>Explicar por medio de una exposición lo referente a los volcanes.</p> <p>Entregar el material para realizar el experimento y explicar el procedimiento: Lo primero que tienes que hacer es la masa para el volcán. Toma la taza y la cuchara para medir los ingredientes y mezcla 6 tazas de harina, 2 tazas de sal, ½ taza de agua y 4 cucharadas de aceite de cocina. Una vez que la mezcla esté suave y firme, pega la botella sobre el cartón y forma el volcán agregando la masa alrededor de ella hasta que luzca como una montaña. No olvides dejar libre la boca de la botella, esta hará las veces de cráter. Puedes agregar agua para suavizar la masa.</p> <p>Cuando termines el volcán déjalo secar (puede tardar de 3 a 5 días en secarse por completo). Si lo deseas, puedes pintarlo.</p> <p>Ahora que terminaste el volcán. Con un embudo, llena la botella hasta la mitad con agua tibia y unas gotas de colorante de alimentos, preferiblemente rojo. Luego, coloca alrededor de 6 gotas de detergente líquido en la mezcla, 2 cucharadas de bicarbonato de sodio y, por último, vinagre. Observa tu volcán entrar en erupción y no olvides hacer tus anotaciones.</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pintura verde y marrón (opcional)</li> <li>- ¼ Bicarbonato de sodio</li> <li>- ½ taza de vinagre</li> <li>- 3 cucharadas de detergente líquido para vajilla.</li> <li>- Colorante para alimentos rojo (opcional)</li> <li>- Agua tibia</li> </ul>  |
| <p>Actividad de cierre</p> <p>Terminar la clase con un escrito de manera individual en el cual el alumno debe escribir su experiencia con el experimento.</p> <p>Socializar la actividad y responder dudas si es que se presentan.</p>   |  |

## EVALUACIÓN

| MOMENTO    | EVIDENCIA/PRODUCTO         | TÉCNICAS E INSTRUMENTOS     |
|------------|----------------------------|-----------------------------|
| Inicio     | Participación individual   | Observación/Lista de cotejo |
| Desarrollo | Desarrollo del experimento | Observación/Lista de cotejo |
| Cierre     | Participación individual   | Observación/Lista de cotejo |

Tabla 3. La vela que hace subir el agua

|  |   |
|--|---|
| <p>Propósito: Entienda la función que tiene el oxígeno y que sucede cuando el aire pierde la presión.</p>  |   |
| <p><b>SECUENCIA DE ACTIVIDADES</b></p>   | <p><b>RECURSOS</b></p>  |
| <p>Actividad inicial</p> <p>Comenzar la clase con una dinámica llamada “la papa caliente” con el objetivo de realizar interrogaciones a los alumnos que vayan perdiendo:</p> <p>¿Qué es para ti el oxígeno?</p> <p>¿El oxígeno y el aire son lo mismo?</p> <p>¿Qué entiendes por presión?</p> <p>¿Qué función cumple el oxígeno?</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Una vela</li> <li>- Vaso transparente</li> <li>- Plato hondo con agua</li> </ul> |

|   |   |
|---|---|
| <p>Actividad de desarrollo</p> <p>Explicar por medio de diapositivas a lo que se refiere el oxígeno, la presión y el aire y lograr que el alumno entienda el concepto en si para después pasar a realizar el procedimiento del experimento: Primeramente, pega la vela al fondo del plato con la misma cera, llena el plato con agua a una altura de 3cm aproximadamente, coloca el vaso boca abajo, de tal forma que tape la vela, observarás que por falta de oxígeno la vela se apagará. Luego, el agua que estaba en el plato empezará a filtrarse dentro del vaso.</p> |  |
| <p>Actividad de cierre</p> <p>Socializar las actividades realizadas a lo largo de la clase y resolver dudas.</p>  |   |

## EVALUACIÓN

| MOMENTO    | EVIDENCIA/PRODUCTO         | TÉCNICAS E INSTRUMENTOS     |
|------------|----------------------------|-----------------------------|
| Inicio     | Participación individual   | Observación/Lista de cotejo |
| Desarrollo | Desarrollo del experimento | Observación/Lista de cotejo |
| Cierre     | Participación individual   | Observación/Lista de cotejo |

Tabla 4. Conozcamos el aparato respiratorio

|   |   |
|---|---|
| <p>Propósito: Conozcan el proceso que se realiza en el aparato respiratorio y así mismo la función del aire para saber cómo es que se crea nuestra respiración.</p>   |   |
| <p><b>SECUENCIA DE ACTIVIDADES</b></p>  | <p><b>RECURSOS</b></p>  |
| <p>Actividad inicial</p> <p>Comenzar la clase con una dinámica llamada “stop de aparato respiratorio” la cual consiste en facilitar a cada alumno una parte del aparato respiratorio, los alumnos tienen que estar en un círculo.</p>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>o Una botella de plástico vacía</li> <li>o Unas tijeras</li> <li>o 3 popotes.</li> <li>o Un corcho</li> </ul>  |
| <p>Actividad de desarrollo</p> <p>Comenzamos la clase con ayuda de una exposición amplia que le brindare a los alumnos sobre la función del aparato respiratorio y así mismo lo fortalecí con ayuda de un video que explicaba ampliamente todo lo que los alumnos deben conocer sobre el tema.</p> <p>Pedir a los alumnos preparar su material para comenzar con el experimento: comenzar cortando la parte de debajo de la botella, con ayuda de las tijeras perfora la tapa de la botella, mete el popote y haz como un tubo que baje y conecte con los dos lados de los pulmones (globos) para que así pueda circular el aire, después conecta los globos asegúrate que no tenga fugas de aire, para finalizar pones el guante de látex en la parte de debajo de la botella y listo, jalas el guante sin zafarlo para que circule el aire a los pulmones y puedas conocer la función del aparato respiratorio.</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>o Guante de latex (un par)</li> <li>o Cinta aislante</li> <li>o Globos</li> <li>o Video <a href="https://youtu.be/LbqH-ZAstRcQ">https://youtu.be/LbqH-ZAstRcQ</a></li> </ul>  |

|  |  |
|--|--|
| Actividad de cierre<br>Socializar la clase por medio de lluvia de ideas y aclarar dudas. |  |
|--|--|

## EVALUACIÓN

| MOMENTO    | EVIDENCIA/PRODUCTO         | TÉCNICAS E INSTRUMENTOS       |
|------------|----------------------------|-------------------------------|
| Inicio     | Participación individual   | Observación / Lista de cotejo |
| Desarrollo | Desarrollo del experimento | Observación / Lista de cotejo |
| Cierre     | Participación individual   | Observación / Lista de cotejo |

## IV. RESULTADOS

El resultado que se dio en cada experimento fue sorprendente, los alumnos fueron más participativos, positivos y siempre comentaron que les gustó trabajar con base a experimentos. Fue más comprensible para que el alumno dé una explicación de algo después de haberlo manipulado. Dentro del contexto donde se desarrolló la investigación a pesar de ser un poco complicado encontrar el material, los experimentos seleccionados para su aplicación fueron muy enriquecedores y tuvieron muy buen resultado. Los investigadores estuvieron satisfechos del trabajo que se realizó y espero esta investigación oriente a más docentes a conocer la importancia de la experimentación dentro de cualquier contexto ya que es muy enriquecedora para cambiar la ideología de los alumnos.

Durante el análisis se logró contestar muchas interrogantes personales; también, se encontró respuesta al supuesto porque, si los alumnos llevaron consigo la experimentación fortalecieron mucho más sus aprendizajes que los ayudó a elevar aún más la creatividad y la autonomía por innovar cosas nuevas, encontrar respuesta a teorías científicas que no quedan claras como a ellos les gustaría.

Se comprendió que si el docente promueve la experimentación en ciencias naturales ayudara al alumno a ser crítico, autónomo, creativo e inteligente, ya que, fortalecerá muchísimo su aprendizaje en cada una de las actividades que desarrolle a lo largo de su vida cotidiana.

## V. DISCUSIÓN (O ANÁLISIS DE RESULTADOS)

Se tuvo la ideología de que sería complicado aplicar cada una de las propuestas, sin embargo, como docente en formación se realizó bien, existió satisfacción a pesar de que no fueron aplicados todos los experimentos; pero, el recibimiento de los alumnos hacia nuevas formas de trabajo fue muy bueno. Los alumnos durante el proceso de cada experimento se motivaron y demostraron que estuvieron entusiasmados pues no se les brindó una clase totalmente común.

Los docentes de las escuelas en contextos multigrado, al saber de esta propuesta, demostraron disposición por aplicar los experimentos de la propuesta de intervención para que sus alumnos estén un poco más motivados a la hora de trabajar.

Me satisface el hecho de que mis alumnos estuvieran contentos con la aplicación de cada uno de los experimentos, la mayoría de ellos fueron insistentes a que se aplicara la mayor parte de trabajos en los que podían interactuar para que así mismo generar en ellos la creatividad, el interés y lograr que los alumnos tuvieran una visión más amplia en lo que realizaran en su vida cotidiana.

## IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La experimentación es un factor importante en el desarrollo del estudiante, ya que orilla a los alumnos a ampliar más su conocimiento sobre los temas científicos que se están llevando a cabo, de la misma manera crea alumnos

con pensamiento crítico y creativo.

El contexto en el que se realizó la investigación. Dejó infinidad de aprendizajes, ya que como docentes, se observó que los alumnos no tienen las mismas oportunidades en cuanto al aprendizaje, ya que, a pesar de la gestión por las escuelas rurales, es muy poco el resultado. La experimentación en aulas multigrado es poco complicada de aplicar; pero, puede beneficiar a los alumnos por individual a resolver situaciones o encontrar respuesta a ellas con los recursos que ellos tienen sin buscar fuera de su entorno.

Sin embargo, los experimentos que propone el plan y programa son flexibles para moldearse con recursos que pueden encontrar los alumnos de comunidades rurales, aun así, existen docentes que los dejan de lado por miedo a salir de la cotidianidad.

Por otro lado, están los alumnos, quienes muestran mucha accesibilidad a la hora de trabajar con experimentos ya que les parece menos rutinario y cansado. Durante la aplicación de los experimentos se identificaron diversas formas para que los alumnos elaboren infinidad de experimentos que les generen aprendizajes significativos sin tener que complicar su desarrollo con recursos costosos.

Como docentes debemos estar al pendiente de las inquietudes de los alumnos, es decir, tenemos que generar en ellos la confianza de preguntar sobre las dudas que se les presenten a lo largo de la realización de los experimentos. Se consideró a la intervención docente de mucha ayuda, se dio cuenta que la experimentación si generó cierto tipo de duda en los alumnos y ellos fueron capaces de investigar o preguntar sobre los temas vistos y con ellos generó en los estudiantes un aprendizaje enriquecedor, permanente y significativo. La manera en que el docente aceptó la propuesta amplía mucho la oportunidad de aprendizaje en los alumnos y en el docente en formación ya que con su ayuda en la implementación de la propuesta ambos finalizaron con una reflexión donde estuvieron de acuerdo que la experimentación abre la imaginación del alumno. Es decir, lograron diversas competencias, como generar ambientes formativos para proponer la autonomía y promover el desarrollo de las competencias en los alumnos de educación básica.

Por último, creo necesario recalcar que mi investigación en lo personal fue muy enriquecedora ya que a lo largo de ella se respondieron cada una de las preguntas generadas al iniciar la investigación, así como también se dio respuesta al supuesto.

## V. RECONOCIMIENTOS (O AGRADECIMIENTOS)

Agradezco a mis alumnos que fueron parte de este proceso de experimentación a mi tutor quien siempre confió en mí, a mi asesor metodológico quien me dio las facilidades para desarrollar los procesos de experimentos y a mi alma mater quien me dio el cobijo durante esta formación.

## REFERENCIAS

- Cazares M. A. G. (2014). La actividad experimental en la enseñanza de las ciencias naturales. México.
- Cruz Andrea S.R. (2001). La experimentación en la clase de ciencias naturales en primero como eje de procesos de conocimiento científico. Chile.
- De la Blanca Soledad; Hidalgo, José, Burgos, Consuelo (2013), Escuela infantil y ciencia: la indagación científica para entender la realidad circundante. Barcelona.
- Morillas Vanessa (2014) La manipulación y la experimentación en Educación infantil. Cádiz.
- Rivera Monroy M.A (2016). La experimentación como estrategia para la enseñanza aprendizaje del concepto de materia y sus estados. México.
- Sampieri R. H. (2006). Metodología de la información. En R.H. Sampieri, Metodología de la investigación (pág. 882). México: Ricardo A. del bosque Alayón.

Tamayo y Tamayo, M. (2012). El Proceso de la Investigación Científica. México: editorial Limusa, p. 122.  
Tourrián José, Sáez Rafael (2006) La metodología de la investigación y la construcción del conocimiento de la educación. Ensino.

## IDENTIFICACION DE METABOLITOS SECUNDARIOS EN EXTRACTOS DE PLANTAS

Jiménez Martínez Mariella de Jesús  
Universidad Autónoma de San Luis Potosí  
Facultad de Ciencias Químicas.  
Av. Dr. Salvador Nava s/n  
C.P. 78290, San Luis Potosí, S.L.P.  
*a296383@alumnos.uaslp.mx*

Dra. Alejandra Sarahí Ramírez Segovia  
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato  
Carr. Silao-Irapuato km 12.5 El Copal, 36821  
Irapuato, Gto.  
*alejandra.rs@irapuato.tecnm.mx*

Resumen — En este trabajo se realizó la investigación teórica sobre metabolitos secundarios presentes en extractos de albahaca blanca (*Ocimum basilicum* L.), guayaba (*Psidium guajava*) y té verde (*Camellia sinensis*), a fin de realizar una comparación que correlacione las diferentes propiedades atribuidas a estas plantas. Se dió un enfoque a la presencia de flavonoides y la variedad de estructuras de este grupo de metabolitos cuyas propiedades moleculares les otorgan una actividad farmacológica y se investigó la metodología para la determinación de la actividad antioxidante presente en extractos de las especies mencionadas. Se reunió información de diferentes bases de datos y revistas estandarizadas como PubMed, PubChem, ElSevier y Annual Reviews.

Palabras clave — Flavonoides, antioxidante, extractos.

Abstract — In this work, the theoretical research on secondary metabolites present in extracts of white basil (*Ocimum basilicum* L.), guava (*Psidium guajava*) and green tea (*Camellia sinensis*) was carried out, in order to make a comparison that correlates the different properties attributed to these plants. A focus was given to the presence of flavonoids and the variety of structures of this group of metabolites whose molecular properties give them a pharmacological activity and the methodology for determining the antioxidant activity present in extracts of the mentioned species was investigated. Information was gathered from different databases and standardized journals such as PubMed, PubChem, ElSevier and Annual Reviews.

Keywords — Flavonoids, antioxidant, extracts.

## I. INTRODUCCIÓN

A través de la historia las plantas medicinales se han instituido como un agente de la salud en diferentes culturas y a través de este conocimiento que se ha transmitido de generación en generación estableciendo las bases de la medicina tradicional que dio lugar a la medicina moderna. Se han estudiado aquellas especies cuyos metabolitos poseen actividad farmacológica y durante años se ha referido a conocimientos y prácticas de comunidades indígenas para pulir las técnicas a fin de validar de manera científica sus usos, promoviendo el desarrollo de fitomedicamentos seguros y eficaces.

Los flavonoides se producen en el metabolismo secundario de las plantas mediante una ruta biosintética mixta a través de la ruta del ácido shikímico y la ruta de los policétidos. [1] Se sabe que estos metabolitos se distribuyen principalmente en las partes aéreas jóvenes y más expuestas al sol ya que la luz solar favorece su síntesis, se encuentran de manera abundante en las hojas, flores y frutos de las plantas. [2]

Dadas las propiedades y la evidencia de las mismas que se les han atribuido a estos metabolitos han atraído el interés en los últimos años, y debido a la amplia variedad de plantas que los producen se han vuelto los principales polifenoles de estudio. [3]

## II. MARCO TEÓRICO

### A. Daño Oxidativo

Las células y tejidos continuamente se ven amenazados por el daño causado por radicales libres y especies reactivas del oxígeno, producidas durante el metabolismo normal del oxígeno o inducidos por daños exógenos. Esto interfiere con las funciones celulares, uno de los eventos más importantes parece ser la peroxidación de lípidos, que da como resultado el daño de la membrana celular, este daño celular provoca un cambio en la carga neta de la célula, cambiando la presión osmótica, lo que lleva a la hinchazón y, finalmente, a la muerte celular. [4]

Los radicales libres pueden atraer varios mediadores inflamatorios, contribuyendo a una respuesta inflamatoria general y daño tisular, mismo que se relaciona con el origen y desarrollo de ciertas enfermedades multifactoriales de carácter crónico, como la oxidación de las LDL y la enfermedad cardiovascular, el daño oxidativo al ADN y el cáncer y la oxidación de las proteínas de las lentes oculares y la alteración de la visión. [5]

### B. Flavonoides como antioxidantes

Los flavonoides son compuestos fenólicos diaril-propánicos, siendo su estructura del tipo C6-C3-C6, con dos anillos aromáticos (bencénicos) unidos entre sí por una cadena de 3 carbonos ciclada a través de un oxígeno. Se considera que su estructura deriva de la g-cromona (o benzo- -pirona) con un fenilo en posición 2. [2] Se les ha caracterizado como antioxidantes dado que inhiben la peroxidación lipídica, reducen radicales libres, tienen la capacidad de quelar metales, Interfieren con la actividad inducible de óxido nítrico sintasa e inhiben la actividad de la xantina oxidasa

### C. Diabetes, polifenoles y proteínas

La diabetes se caracteriza por niveles altos de glucosa en sangre, en los últimos años se ha convertido en un problema de salud a nivel mundial, se ha estudiado la interacción entre polifenoles y proteínas. Esto dado que la glucosa puede reaccionar con las proteínas plasmáticas a través de un proceso no enzimático para formar hemoglobina glucosilada y albúmina sérica glucosilada, que se han utilizado como controles a largo y corto plazo de la diabetes, sin embargo esta glicación no enzimática de las proteínas plasmáticas es un factor importante que contribuye al desarrollo de complicaciones de la diabetes, aunque, no está claro cómo influye la glucosa en la interacción entre los flavonoides y las proteínas plasmáticas humanas. [3,6]

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

a) De manera teórica y general se establecieron los fundamentos de las pruebas para la determinación de la actividad antioxidante. Los métodos para esta determinación se basan en la comprobación del daño oxidativo inducido por un agente oxidante y como este efecto se ve inhibido o reducido en presencia de un antioxidante. De modo que la actividad antioxidante del compuesto será proporcional a la inhibición observada. [5]

Algunos otros métodos se basan en la cuantificación de los productos formados tras el proceso oxidativo, sin embargo, la mayoría de estos ensayos son realizados con radicales que no tienen significado biológico.

b) Establecido el punto anterior se investigó en diversas fuentes la metodología para la simulación de plasma sanguíneo para en un futuro realizar las determinaciones en este medio a fin de darle mayor relevancia biológica al establecerse una diana fisiológica.

Se estableció el fundamento de la simulación de plasma sanguíneo (SBF, por sus siglas en inglés “simulated body solution”). Medio en el cual se simulan las concentraciones plasmáticas de iones, sin embargo, estas concentraciones en el método convencional de este medio son ligeramente diferentes, por lo cual se presentó el método convencional y un reajuste con CaCl anhidro 2 como la fuente de calcio, y que no utiliza K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>. [7] Volviendo las concentraciones más cercanas a las plasmáticas y se realizó el reajuste de reactivos para 10mL.

c) Se recabó información sobre las tres especies a partir de artículos científicos y se obtuvieron los metabolitos secundarios presentes, además de caracterizar superficialmente las especies comparando la actividad farmacológica que estas presentan.

### IV. RESULTADOS

Los flavonoides y sus metabolitos se intercambian rápidamente entre formas libres y unidas dentro de la circulación. La unión reversible a las proteínas plasmáticas puede tener consecuencias para el suministro de flavonoides y sus metabolitos a las células y tejidos. [6]

Se encontraron similitudes entre las propiedades de las tres especies que de una perspectiva muy general se pueden atribuir a los componentes que estos presentan en común, los cuales se conjuntan en la tabla 1.

Albahaca Blanca:

La albahaca blanca (*Ocimum basilicum* L.) se ha destacado por sus usos tanto culinarios como farmacéuticos, centrándonos a esta última área cabe mencionar sus propiedades como antiséptico, analgésico antiulcerogénico, estimulante cardíaco, antioxidante, antimicrobiano, antifúngico, antiinflamatorio y antituberculoso.

Se le han atribuido metabolitos que incluyen alcaloides, flavonoides, fenólicos y terpenoides, estos son los que les brindan sus propiedades, aunque estos pueden variar según los factores ambientales. [8]

Guayaba:

La guayaba se ha caracterizado como una excelente fuente de fitoquímicos, en el extracto metanólico de las hojas se ha observado una alta actividad antioxidante en tanto que al extracto acuoso se le atribuyen propiedades antibacterianas. Además, uno de sus compuestos llamado quercetina el cual es un flavonoide presenta actividad espasmolítico, a esta especie se le han atribuido propiedades cardioprotectoras, hepatoprotectoras y anti mutagénicas por los flavonoides, terpenos y sesquiterpenos que contienen. [9]

Té Verde:

Las catequinas en esta bebida son fuertes antioxidantes, el contenido de minerales y vitaminas aumenta ese potencial antioxidante, estudios demuestran que reduce el riesgo de la enfermedad cardiovascular y algunas formas de cáncer, además de la actividad antibacteriana y neuroprotectora.

Tabla 1. Metabolitos en las tres especies [8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18]

|               | Albahaca   | Guayaba  | Té Verde  |
|---------------|--|--|---|
| Monoterpenos  | Eucaliptol<br>Linalol<br>Humuleno<br>Alcanfor<br>Cis- $\beta$ -ocimeno<br>Trans Ocimeno<br>$\beta$ -linalol<br>$\beta$ -pineno<br>$\alpha$ -pineno<br>Sabineno<br>Limoneno | Epiglobulol<br>$\beta$ -copaneno<br>$\alpha$ -pineno<br>$\beta$ -pineno<br>Linalol<br>Humuleno<br>$\alpha$ -Terpineol  | $\beta$ -ocimeno<br>Óxido trans- dehidroxi-<br>linalol<br>Cis -óxido de linalol<br>(piranoide)<br>Cis -óxido de linalol<br>(furanoide)<br>(E, E) -Allo-ocimeno<br>$\beta$ -Mirceno<br>Linalol |
| Triterpenos   | Ácido ursólico<br>Ácido betulínico<br>Ácido oleanólico   | Ácido ursólico<br>Ácido oleanólico<br>Ácido guavacumarico<br>Ácido jacumarico  |   |
| Terpeno       | Myrtenal   | Aromandendrene<br>Aloarmadendrene<br>Fitol   | Sulcatona   |
| Sesquiterpeno | $\beta$ -selineno<br>$\alpha$ -farneseno<br>Trans – Cariofileno<br>$\beta$ - bisaboleno<br>Germacreno D  | Farneseno<br>Cariofileno<br>$\gamma$ -muuroleno<br>$\beta$ - bisaboleno<br>$\beta$ –Chamigrene<br>$\alpha$ -Calacorene<br>$\alpha$ – Bulneseno<br>Nerolidol<br>$\beta$ -selineno | Farneseno<br>trans - $\alpha$ -bergamoteno  |
| Flavonoides   | Orientina<br>Vicenina  | Guaijaverina<br>Tamarixetin<br>Catequina   | Catequina<br>Teasinensina A<br>Epiatzelechín 3-galato   |

|                                |   |  |   |
|--------------------------------|---|--|---|
| Flavonoles                     | Rutina<br>Isoquercetina   | Quercetina hexóxido<br>Quercetina pentosida<br>Miricetina<br>Glucurónido de Kaempferol<br>Glucorónido de Quercetina<br>Catequina<br>Galocatequina<br>Hidrato de Catequina<br>Avicularina<br>Rutina<br>Gossypetin | Quercetina glucosa<br>Quercetina galactosa<br>Quercetina rutinosa<br>Miricetina<br>Kanferol<br>Epicatequina<br>Epigalocatequina<br>Epicatequina galato<br>Epigalocatequina galato |
| Flavonas                       | Apigenina<br>Luteolina<br>Vitexina<br>Isovitexina   | Luteolina  |   |
| Ácido Fenólicos                | Ácido rosmarínico<br>Ácido cafeico  |  |   |
| Fenilpropanoides               | Metil eugenol<br>Eugenol<br>Ácido chicórico   | Metil Isoeugenol   |   |
| Antocianinas                   | Peonidina<br>Cianidina  | Leucocianidina   |   |
| Cumarinas                      | Esculetina<br>Bergamoteno   | Amritósido   |   |
| Ácidos dihidroxi-<br>benzoicos | Ácido protocatecuico<br>Ácido vanílico<br>Ácido 4-hidroxibenzoico,<br>vainillina, 4-hidroxibenzal-<br>dehído  |  |   |
| Ésteres                        | Metilcinamato<br>Acetato de bornilo<br>Éster metílico del ácido gá-<br>lico<br>Éster etílico del ácido gálico | Acetato de etilo   |   |
| Ácidos Hidroxici-<br>námicos   | Ácido cafeico<br>Ácido clorogénico  |  |   |
| Taninos                        |   |  | estricтинina  |
| Carotenoides                   |   | Licopeno   |   |
|                                |   | β-caroteno   |   |

## V. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los diferentes compuestos presentados en la tabla 1, muestran una mayor cantidad de metabolitos presentes en las primeras dos especies si se comparan con los presentados en la columna referente al té verde, esto puede ser un marcador de mayor actividad farmacológica en las hojas de las especies de guayaba y albahaca blanca con respecto al té verde, además, dados los compuestos en los que estos coinciden se entiende la similitud en la actividad que estos presentan.

Realizando la comparación en el apartado de flavonoles se observa variantes de carbohidratos unidos a quercetina, flavonol que se ha estudiado como suplemento alimenticio y se ha comprobado la mejora en el progreso de enfermedades. [18]

## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Este proyecto propone la comparación de los metabolitos secundarios presentes en Albahaca blanca, guayaba y té verde a fin de fomentar y promover la utilización de las especies mexicanas para el tratamiento y prevención de enfermedades, además de la conservación de la salud. Estableciendo mayor contenido de flavonoides en los extractos se entiende una mayor actividad antioxidante y múltiples efectos benéficos, tales como los efectos sobre el sistema cardiovascular y la actividad hipoglucemiante que ha presentado, aun se desconoce como se produce esta interacción sin embargo se ha demostrado la actividad.

## VII. AGRADECIMIENTOS

Expreso mi agradecimiento al comité organizador del verano de la ciencia regional por la oportunidad de ser participe de un proyecto de esta índole dando comienzo a un área de oportunidad y crecimiento.

## REFERENCIAS

- [1] Kuklinski C. Farmacognosia. Barcelona: Omega, 2000
- [2] LUENGO, M. T. (2002). Flavonoides: Fitoterapia. *Offarm*, 108-113.
- [3] Du, Shaolong & Xie, Yixi & Chen, Xiaoqing. (2012). Influence of glucose on the human serum albumin–flavone interaction and their antioxidant activity. *Molecular bioSystems*. 9. 10.1039/c2mb25351h.
- [4] Robert J Nijveldt, Els van Nood, Danny EC van Hoorn, Petra G Boelens, Klaske van Norren, Paul AM van Leeuwen, Flavonoids: a review of probable mechanisms of action and potential applications, *The American Journal of Clinical Nutrition*, Volume 74, Issue 4, October 2001, Pages 418–425, <https://doi.org/10.1093/ajcn/74.4.418>
- [5] Fernández-Pachón, M<sup>a</sup> Soledad, Villaño, Débora, Troncoso, Ana M<sup>a</sup>, & García-Parrilla, M<sup>a</sup> Carmen. (2006). Revisión de los métodos de evaluación de la actividad antioxidante in vitro del vino y valoración de sus efectos in vivo. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 56(2), 110-122. Recuperado el 18 de Junio de 2021, de [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S000406222006000200002&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S000406222006000200002&lng=es&tlng=es).
- [6] Wang Y, Zhao Y, Yang F, Yuan Y, Wang H, Xiao J. Influences of glucose on the dietary hydroxyflavonoid-plasma protein interaction. *J Agric Food Chem*. 2012 Dec 12;60(49):12116-21. doi: 10.1021/jf303094e. Epub 2012 Nov 28. PMID: 23163621.
- [7] Tas, A. C. (2014). How to prepare SBF-solution C. *Journal of non-crystalline solids, Non-crystalline Solids*, 120, 138-151, 1990)
- [8] Muhammed Akif Açıkgoz, Establishment of cell suspension cultures of *Ocimum basilicum* L. and enhanced production of pharmaceutical active ingredients, *Industrial Crops and Products*, Volume 148, 2020, 112278, ISSN 0926-6690, <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112278>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669020301941>)

- [9] Ngbolua, J. (2018). A review on the Phytochemistry and Pharmacology of *Psidium guajava* L. (Myrtaceae) and Future direction. *Discovery Phytomedicine*, 5(2). doi:<http://dx.doi.org/10.15562/phytomedicine.2018.58>
- [10] Ahmed AF, Attia FA, Liu Z, Li C, Wei J, Kang W (2019) Antioxidant activity and total phenolic content of essential oils and extracts of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) plants. *Food Sci Hum Wellness*. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2019.07.004>
- [11] Ashraf A, Sarfraz RA, Rashid MA, Mahmood A, Shahid M, Noor N. Chemical composition, antioxidant, antitumor, anticancer and cytotoxic effects of *Psidium guajava* leaf extracts. *Pharm Biol*. 2016 Oct;54(10):1971-81. doi: 10.3109/13880209.2015.1137604. Epub 2016 Feb 3. PMID: 26841303.
- [12] Dörr OS, Brezina S, Rauhut D, Mibus H. Plant architecture and phytochemical composition of basil (*Ocimum basilicum* L.) under the influence of light from microwave plasma and high-pressure sodium lamps. *J Photochem Photobiol B*. 2020 Jan;202:111678. doi: 10.1016/j.jphotobiol.2019.111678. Epub 2019 Oct 31. PMID: 31734433.
- [13] Green tea extract does not affect exogenous glucose appearance but reduces insulinemia with glucose ingestion in exercise recovery Brian J. Martin, Chris McGlory, Martin J. MacInnis, Mary K. Allison, Stuart M. Phillips, and Martin J. Gibala *Journal of Applied Physiology* 2016 121:6, 1282-1289
- [14] Hyung Won Ryu, Heung Joo Yuk, Ju Hyeon An, Doo-Young Kim, Hyuk-Hwan Song, Sei-Ryang Oh, Comparison of secondary metabolite changes in *Camellia sinensis* leaves depending on the growth stage, *Food Control*, Volume 73, Part B, 2017, Pages 916-921, ISSN 0956-7135, <https://doi.org/10.1016/j.food-cont.2016.10.017>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956713516305606>)
- [15] Liu X, Yan X, Bi J, Liu J, Zhou M, Wu X, Chen Q. Determination of phenolic compounds and antioxidant activities from peel, flesh, seed of guava (*Psidium guajava* L.). *Electrophoresis*. 2018 Jul;39(13):1654-1662. doi: 10.1002/elps.201700479. PMID: 29756280.
- [16] Singh, B. and Sharma, R.A. (2020). *Ocimum* Species. In *Secondary Metabolites of Medicinal Plants* (eds B. Singh and R.A. Sharma). <https://doi.org/10.1002/9783527825578.c02-60>
- [17] Vicente-Vicente, L., & Prieto, M., & Morales, A. I. (2013). Eficacia y seguridad de la quercetina como complemento alimenticio. *Revista de Toxicología*, 30(2),171-181.[fecha de Consulta 18 de Junio de 2021]. ISSN: 0212-7113. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=91931189008>

# IDENTIFICACIÓN DE BIOMARCADORES EN MODELOS MURINOS CON SÍNDROME METABÓLICO MEDIANTE EL USO DE ESPECTROSCOPIA RAMAN

Valeria Jacqueline Soto Ontiveros  
Universidad Autónoma de Querétaro  
Cerro de las Campanas S/N, Centro Universitario, 76010 Santiago de Querétaro, Qro.  
*vsoto20@alumnos.uaq.mx*

Miguel Ghebre Ramírez Elías  
Universidad Autónoma de San Luis Potosí  
Av. Parque Chapultepec 1570, 78210 San Luis, S.L.P.  
*miguel.ghebre@uaslp.mx*

Resumen — La espectroscopia Raman ha demostrado ser una herramienta valiosa para la detección de biomarcadores de manera no invasiva. Con el objetivo de identificar posibles biomarcadores en Síndrome Metabólico (SM) y generar las bases de un modelo diagnóstico estandarizado y de fácil procesamiento, se propuso el uso de la espectroscopia Raman. Se tomaron mediciones Raman de dos grupos de ratas, uno control y otro con SM y se procesaron informáticamente, aunado a un Análisis de Componentes Principales (ACP). Resultando que los espectros Raman obtenidos de cada grupo eran diferentes entre sí y presentaban picos característicos. Así pues, identificando las moléculas asociadas a cada espectro en cada condición se puede establecer en un futuro un método diagnóstico exitoso.

Palabras clave — Biomarcador, Espectroscopia Raman, Síndrome Metabólico, Análisis de Componentes Principales.

Abstract — Raman spectroscopy has proven to be a valuable tool for the non-invasive detection of biomarkers. In order to identify possible biomarkers in Metabolic Syndrome and to generate the basis for a standardized and easy to process diagnostic model, the use of Raman spectroscopy was proposed. Raman measurements were taken from two groups of rats, one control and the other with MS (MS) and were computer processed, together with a Principal Component Analysis (PCA). It turned out that the Raman spectra obtained from each group were different from each other and presented characteristic peaks. Thus, by identifying the molecules associated with each spectrum in each condition, a successful diagnostic method can be established in the future.

Keywords — Biomarker, Raman Spectroscopy, Metabolic Syndrome, Principal Components Analysis.

## I. INTRODUCCIÓN

El Síndrome Metabólico (SM) es definido por un conjunto de desórdenes metabólicos (Tabla 1). El grado de prevalencia en la población varía en función de los criterios utilizados para la definición del SM; se calcula que alrededor del 20-45% de la población adulta mundial padece SM y la prevalencia es mucho mayor entre las mujeres que entre los hombres [1, 2].

Tabla 1. Definición de Síndrome Metabólico

| Factor de riesgo   | Definición del nivel                              |
|--------------------|---|
| Obesidad abdominal | Cintura >94 cm (hombre)<br>Cintura >80 cm (mujer) |
| Triglicéridos      | >150 mg/dL  |
| Colesterol HDL     | <40 mg/dL (hombre)<br><50 mg/dL (mujer)           |
| Presión arterial   | ≥130/≥85 mm Hg                                    |
| Glucosa en ayunas  | ≥100 mg/dL  |

De acuerdo a los factores establecidos por la Federación Internacional de Diabetes (IDF). HDL: Lipoproteínas de Alta Densidad [2].

Los problemas de salud asociados al SM son una mayor incidencia en obesidad, diabetes tipo 2 (hasta 5 veces más riesgo), hipertensión y dislipidemias. Además, las personas con SM tienen el doble de probabilidades de morir y el triple de probabilidades de sufrir un infarto o un ictus en comparación con las personas que no padecen el síndrome [2, 3].

Recientemente se ha generado gran interés por encontrar metodologías que permitan la detección de biomarcadores de manera no invasiva para el diagnóstico temprano de enfermedades, para esto se ha propuesto el uso de la espectroscopia Raman, la cual presenta numerosas ventajas con respecto a otros métodos de detección: mantiene la composición química y estructural de la muestra (es decir, no la destruye), no se requiere de preparación previa de la misma, permite análisis in vivo, así como in situ y es altamente sensible a pequeños cambios en la composición de la muestra [4, 5].

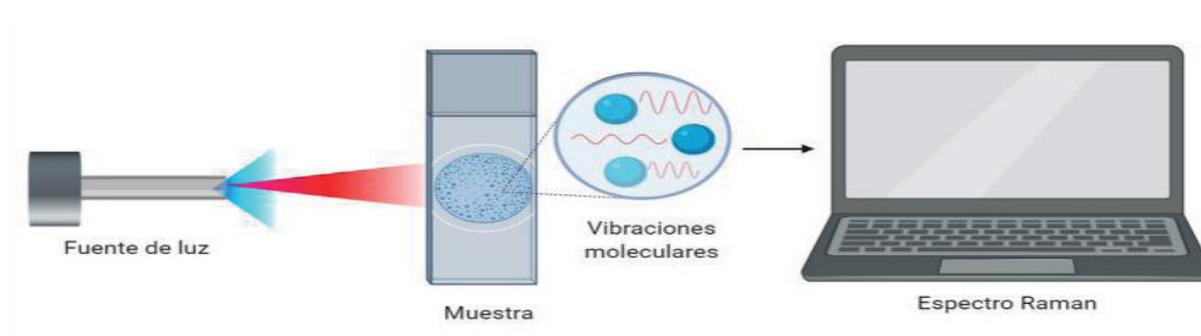
El objetivo del presente trabajo fue identificar posibles biomarcadores de SM en piel de modelos murinos haciendo uso de la espectroscopia Raman para generar las bases de un modelo diagnóstico económico, de fácil procesamiento y que permita estandarizar a nivel mundial el diagnóstico de SM.

## II. MARCO TEÓRICO

### A. Espectroscopia Raman

Cuando una muestra es iluminada con una fuente de luz, los fotones incidentes se absorben o dispersan. Si se absorben, la energía del fotón se transfiere a las moléculas; si se dispersan y la energía se conserva se denomina dispersión elástica, mientras que si el fotón dispersado presenta un ligero cambio de energía se denomina dispersión inelástica (1 de cada 10 000 millones de fotones pueden presentar este tipo). Esta pequeña diferencia de energía entre el fotón incidente y el fotón dispersado es el efecto Raman, el cual proporciona información a nivel molecular, ya que los fotones interactúan con las moléculas de una muestra produciendo diferentes estados vibracionales moleculares característicos que permiten obtener un espectro único para una muestra, también conocida como “huella digital” (Figura 1) [4].

Fig. 1. Metodología de la espectroscopia Raman [4].



### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### A. MODELOS ANIMALES

Se utilizaron ratas macho Wistar de veintiocho semanas de edad, mantenidas individualmente en jaulas de plástico transparente, a  $23 \pm 1$  °C con 12:12 h luz oscuridad, con comida y agua ad libitum. Las ratas control fueron alimentadas con una dieta estándar (LabDiet 5001) y las ratas con síndrome metabólico con una dieta alta en grasas (LabDiet Rodent 5001 con un 40.0% de grasa adicional). Previo a las mediciones Raman la piel del abdomen de las ratas donde se realizó la medición se rasuró y limpió.

#### B. MEDICIONES RAMAN

Los espectros Raman se adquirieron utilizando un sistema Raman portátil (PeakSeeker, Agiltron Inc.) (Figura 2 a) con un rayo láser de 785 nm y 90 mW. Se colocó la sonda Raman con los parámetros anteriores ya establecidos sobre el abdomen de las ratas (Figura 2 b) y se recogieron cinco escaneos con una resolución de  $10 \text{ cm}^{-1}$  para cada muestra, con un tiempo de exposición total de 15 s. La adquisición del espectro Raman de la piel se hizo por triplicado. Todas las mediciones Raman se realizaron en las mismas condiciones experimentales. Los espectros promedio adquiridos de cada animal se procesaron para eliminar el fondo de auto fluorescencia utilizando un algoritmo de ajuste polinómico iterativo [6]. Cada espectro Raman medido se estandarizó para tener un área unitaria bajo la curva.

Fig. 2. a) Equipo Raman portátil. b) Toma de espectros Raman.



#### C. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

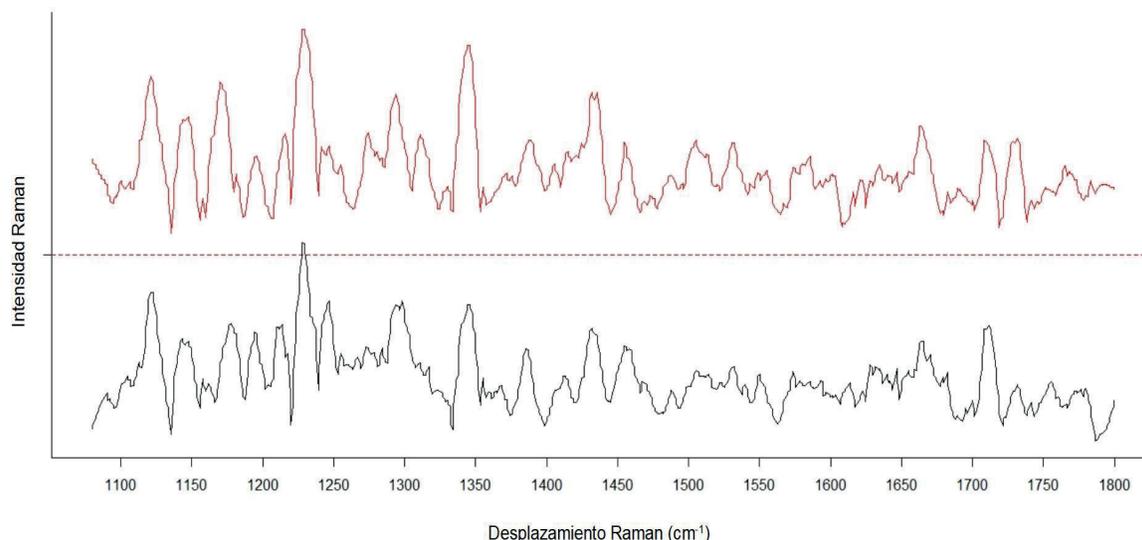
Todos los espectros Raman de piel se evaluaron mediante el análisis de componentes principales (ACP). El número de componentes principales a retener se determinó en base a la varianza acumulada explicada por los componentes principales [7].

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los espectros Raman promedio obtenidos a través del procesamiento y agrupación de los espectros individuales de cada grupo se muestran en la Figura 3. Al comparar los espectros obtenidos podemos observar que existen diferencias evidentes entre picos del grupo control (negro) y del grupo con SM (rojo); por ejemplo, en el grupo control el pico adyacente al desplazamiento Raman de 1700  $\text{cm}^{-1}$  es seguido por uno de aproximadamente un tercio de su intensidad, mientras que en el grupo con SM estos dos picos tienen una intensidad Raman similar. Aplicar la técnica de ACP nos permitió reducir la dimensionalidad de los datos e identificar de manera más sencilla los cambios entre los grupos. Tras el ACP de los datos procesados y normalizados, se encontró que la combinación de los dos primeros Componentes Principales (CP) fue la que presentó una mejor separación de los datos y en conjunto explican el 36.38% de la varianza total.

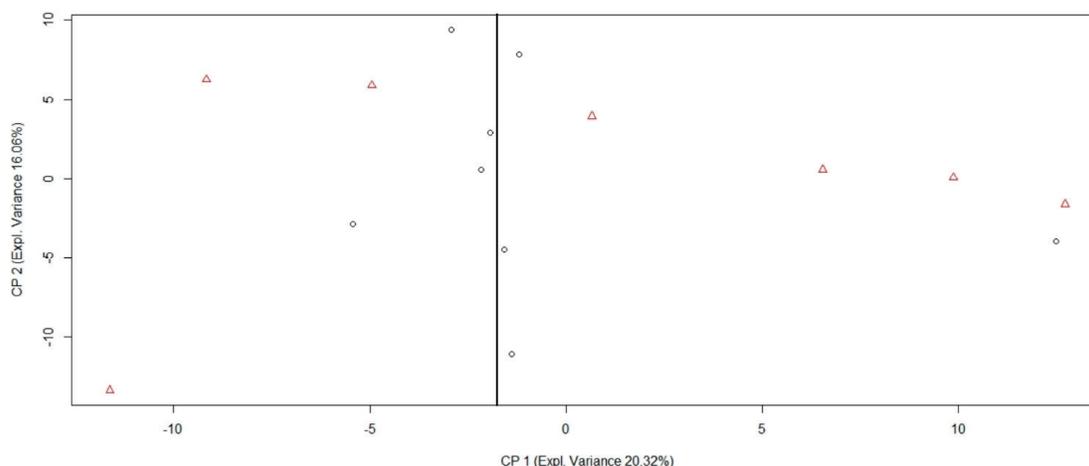
El gráfico de puntuaciones resultante de CP1 frente a CP2 (Figura 4) mostró la separación entre los dos grupos. El grupo control (círculos de color negro) resultó ser un grupo más homogéneo que se dispersó principalmente de manera vertical sobre el valor aproximado de -2; por su lado el grupo de SM (triángulos de color rojo) fue un grupo más heterogéneo disperso tanto de manera negativa y positiva alrededor del grupo control.

Fig. 3. Espectros Raman medios de piel para los grupos de ratas control (negro) y con síndrome metabólico (rojo), en el rango de 1080 a 1800  $\text{cm}^{-1}$ .



La dispersión del grupo SM hacia negativos y positivos nos indican que probablemente dentro del síndrome pueden existir dos diferentes desórdenes metabólicos al verse involucradas diferentes moléculas, un conjunto de moléculas para los que se dispersaron de manera negativa y otro conjunto para aquellas que se dispersaron de manera positiva.

Fig. 4. Resultado del ACP: gráfica de las puntuaciones 1 y 2 comparadas entre sí. Grupo Control;  $\Delta$  Grupo Síndrome Metabólico.



## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La información obtenida a través de los espectros y el ACP nos muestra que existen diferencias moleculares entre los grupos control y con Síndrome Metabólico, confirmando el potencial del uso de la espectroscopia Raman como herramienta de diagnóstico tras la estandarización de la metodología, la identificación y caracterización de picos representativos, y la identificación de las moléculas a las cuales se encuentran asociados.

La identificación y caracterización de picos representativos de cada grupo (llevando a cabo estudios más detallados) nos permitirá en un futuro cercano diagnosticar a los pacientes con SM con una mayor certeza y confiabilidad.

## VI. AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer al Dr. Miguel G. Ramírez Elías por recibirme como estudiante de verano y compartirme de sus proyectos de investigación, así como por las atenciones y tiempo brindado. También me gustaría agradecer a la Dra. Maritza Fabiola León Bejarano y a la Dra. Guadalupe Donjuán Loredó por sus atenciones y disposición a compartir sus conocimientos. Finalmente, también agradezco al Verano de la Ciencia 2021.

## REFERENCIAS

- [1] Engin, A. & Engin, A. (2017). Obesity and Lipotoxicity. Springer Publishing. 10.1007/978-3-319-48382-5
- [2] International Diabetes Federation. (2006). The IDF consensus worldwide definition of the Metabolic Syndrome. <https://www.idf.org/e-library/consensus-statements/60-idfconsensus-worldwide-definition-of-the-metabolic-syndrome.html>
- [3] Saklayen, M. G. (2018). The Global Epidemic of the Metabolic Syndrome. *Current Hypertension Reports*, 20(2). <https://doi.org/10.1007/s11906-018-0812-z>
- [4] Donjuán-Loredó, G. E. & Ramírez-Elías, M. G. (2021). El efecto Raman: descubrimiento y aplicaciones en el diagnóstico médico. *Universitarios Potosinos*, 257, 10–15. <http://www.uaslp.mx/Comunicacion-Social/Documents/Divulgacion/Revista/Diecisiete/257/257-03.pdf>
- [5] Ramírez-Elías, M. G., & González, F. J. (2018). Raman Spectroscopy for In Vivo Medical Diagnosis. *Raman Spectroscopy*. Published. <https://doi.org/10.5772/intechopen.72933>
- [6] Zhao, J., Lui, H., McLean, D. I., & Zeng, H. (2007). Automated Autofluorescence Background Subtraction Algorithm for Biomedical Raman Spectroscopy. *Applied Spectroscopy*, 61(11), 1225–1232. <https://doi.org/10.1366/000370207782597003>
- [7] Jolliffe, I. T. (2006). Principal Component Analysis. Springer Publishing.

# MECANISMOS DE CRECIMIENTO DBQ DE PELÍCULAS DELGADAS SEMICONDUCTORAS

Joaquín Lefranc Cabrera  
Instituto Tecnológico de Querétaro  
Av. Tecnológico s / n, esq. Gral. Mariano Escobedo., Colonia Centro Histórico.  
Querétaro, Querétaro  
117140499@queretaro.tecnm.mx

Mónica Balvanera Ortuño-López  
Instituto Tecnológico de Querétaro  
Av. Tecnológico s / n, esq. Gral. Mariano Escobedo., Colonia Centro Histórico.  
Querétaro, Querétaro  
*monica.ol@queretaro.tecnm.mx*

Resumen — En este trabajo se presenta la variación de las condiciones en la síntesis de películas cerámicas semiconductoras, al momento de la síntesis se van alternando los parámetros a fijar como la composición química la cual está directamente relacionada con el pH, la temperatura, y para todas las películas se fijó un tiempo de depósito de 120 minutos, a un método de deposición por baño químico (CBD), se depositó el CdS sobre el sustrato de vidrio. Se muestra cómo a una mayor concentración molar de azufre en relación con el cadmio, favorece el espesor de las películas., esto se comprueba mediante la caracterización óptica con ayuda de un espectrofotómetro de absorción molecular, donde se muestra una comparativa en los espectros de transmisión.

Palabras clave — Películas delgadas semiconductoras, Deposición por baño químico, espectroscopía UV-VIS.

Abstract — In this work, the variation of the conditions in the synthesis of semiconductor ceramic films is presented, at the time of synthesis the parameters to be set are alternated, such as the chemical composition which is directly related to pH, temperature, and for all films, a deposit time of 120 minutes was set, through the chemical bath deposition method or CBD, the CdS was deposited on the glass substrate. These types of semiconductors are used in a wide variety of materials. Higher sulfur molar ratio on cadmium favors thin film thickness. This is verified by optical characterization with the help of a molecular absorption spectrophotometer, where a comparison is shown in the transmission spectra.

Keywords — Semiconductor thin films, Chemical bath deposition, UV-VIS spectroscopy.

## I. INTRODUCCIÓN

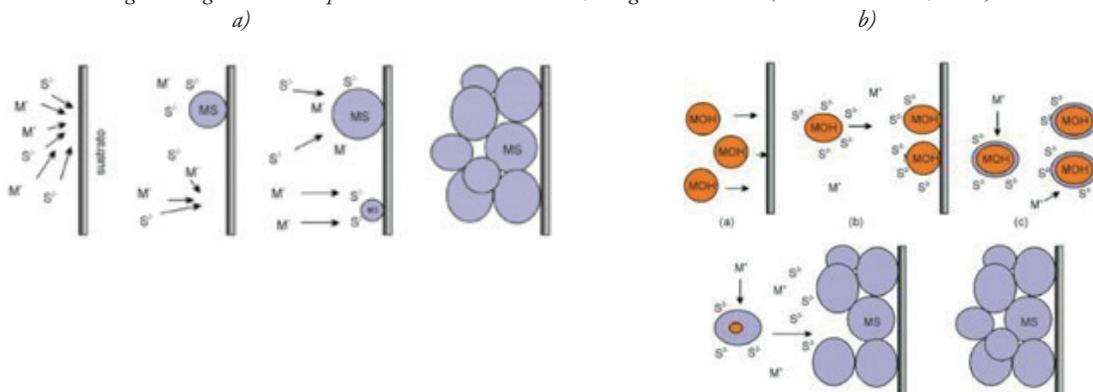
Las películas semiconductoras, son un tipo de cerámica avanzada, las cuales son de alto interés para ciencia para aplicaciones fotovoltaicas y su filtración de la radiación UV. El método de baño químico para la deposición de esta película sobre el sustrato, se basa en la inmersión de los sustratos en la solución, los cuales con las condiciones óptimas de pH, temperatura, concentración y tiempo de deposición. El espesor de dicha película depende ampliamente de los factores, previamente mencionados. (Hop et al., 2008)

## II. MARCO TEÓRICO

La técnica CBD, se basa en la precipitación controlada de un material que se deposita homogéneamente sobre el sustrato. Este proceso fisicoquímico puede ser controlado por las condiciones de la reacción. A través de los métodos CBD se puede obtener películas delgadas a un costo muy bajo, con características muy buenas para aplicaciones en dispositivos semi conductores como fotodiodos (XIMELLO, 2005).

Debido a la alta demanda tecnológica que se vive hoy en día, los materiales semiconductores se han vuelto una necesidad del ser humano. Este tipo de materiales, son la principal fuente de materia prima en la fabricación de dispositivos electrónicos. En las últimas décadas diversos autores han hechos múltiples investigaciones del CdS, debido a su naturaleza, este es usado en fotorresistencias, filtros de radiación y celdas fotovoltaicas. (M. Loeza-Poot, n.d.)

Fig. 1. Diagrama de los tipos de mecanismos de reacción, imagen obtenida de (Andrés & Lozada, 2011).



En la figura 1, se muestra esquemáticamente en el apartado a) el mecanismo de reacción homogéneo para el depósito de películas delgadas sobre un sustrato de vidrio, este es comúnmente conocido como ion-ion. En este tipo de mecanismo se generan los núcleos los cuales se forman en la superficie del sustrato, mientras que con el tiempo se van adhiriendo nuevos núcleos formados por los iones de azufre y los del metal respectivamente.

En el apartado b) de la figura 1, se puede ver un tipo de reacción distinto. Este se forma por precipitación heterogénea, o también conocido como clúster-clúster. En este mecanismo se forma una solución de tipo coloide con un intermediario como iones OH, o también con los iones de azufre en la solución. Para el crecimiento de los núcleos sobre el sustrato se da de la misma forma que en el mecanismo anterior (Lozada, 2011). La banda prohibida del sulfuro de cadmio se encuentra entre los valores de 2.57 a 2.40 eV, esto aplica únicamente a una temperatura ambiente y cuando son estructuras hexagonales y cúbicas, respectivamente. Este posee un coeficiente de absorción muy alto, siendo que 0.1  $\mu\text{m}$  de sulfuro de cadmio llega a absorber hasta el 63% de radiación incidente con energía de fotones, lo cual es mayor que la energía de banda prohibida. Por ello, generalmente las películas foto detectoras de sulfuro de cadmio poseen espesores pequeños de aproximadamente 200 Armstrong, con el fin de maximizar la fotocorriente ( Ochoa F., 2018)

El autor Nick Connor, (2020) define a la Energía Gap ( $E_g$ ) como “intervalo de energía o intervalo de banda es un rango de energía entre la banda de valencia y la banda de conducción donde los estados de electrones están prohibidos”. Esta energía puede ser calculada con la ecuación de Tauc, la cual se expresa de la siguiente forma;

$$\alpha h\nu = A(h\nu - E_g)^n$$

Donde  $h\nu$  es la energía de fotón, y  $E_g$  es el band gap óptico del semiconductor,  $A$  es una constante y  $n = 1/2$  para band gap directos de semiconductores tal como lo es el CdS. (Ouachtari et al., 2011)

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

Los reactivos utilizados en la síntesis, fueron todos los contenidos en la tabla 1, además de anticongelante para el baño maría. Estos reactivos fueron utilizados en la síntesis de las relaciones molares de la tabla 2.

Tabla 1. Reactivos utilizados, y su concentración.

| NO. DE SUSTANCIA | REACTIVOS            | FÓRMULA QUÍMICA                                 | CANTIDAD UTILIZADA | CONCENTRACIÓN |
|------------------|----------------------|---|--------------------|---------------|
| 1                | Cloruro de cadmio    | CdCl <sub>2</sub>                               | 20 ml              | / ver tabla 2 |
| 2                | Citrato de Sodio     | C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> O <sub>7</sub> Na | 2.5ml              | 1M            |
| 3                | Hidróxido de Potasio | KOH   | 0.5ml              | 1M            |
| 4                | Buffer               | 10ml  |                    | NA            |
| 5                | Tiourea              | CH <sub>4</sub> N <sub>2</sub> S                | 5ml                | / ver tabla 2 |
| 6                | Agua                 | H <sub>2</sub> O                                | 12ml               | NA            |

Tabla 2. Variación de las concentraciones.

| Relación molar | Variación de concentración de Tiourea | Variación de concentración de CdCl <sub>2</sub> |
|----------------|---------------------------------------|---|
| 1:1            | 0.1M                                  | 0.1 M   |
| 1:3            | 0.1M                                  | 0.3 M   |
| 1:6            | 0.1M                                  | 0.6M  |
| 1:9            | 0.1M                                  | 0.94M   |
| 3:1            | 0.3M                                  | 0.1M  |
| 6:1            | 0.6M                                  | 0.1M  |
| 9:1            | 0.9M                                  | 0.1M  |

Una vez preparada las formulaciones se procede a colocar cada uno de los sustratos dentro del vaso de precipitados con la solución, y medir con una tira reactiva el pH de la solución previo al introducirla al baño de temperatura controlada y después de retirar la última película.

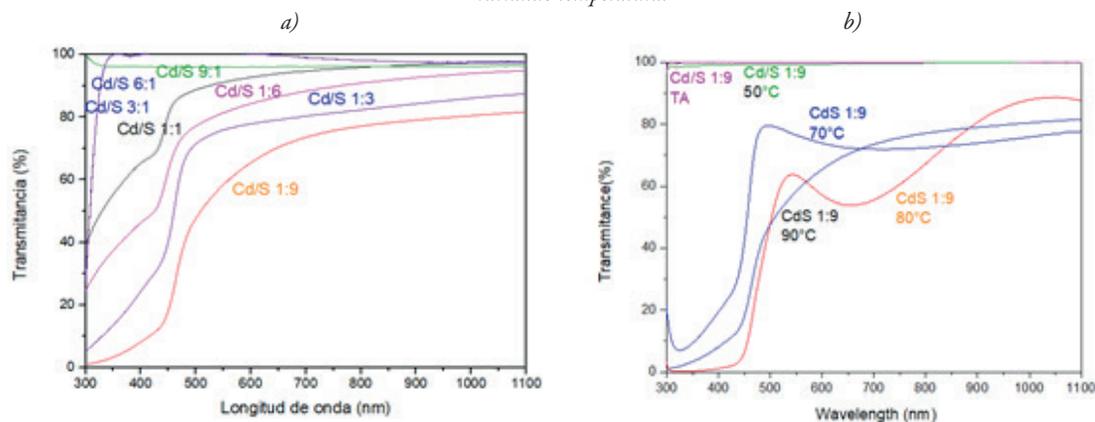
Los tiempos de depósito para las películas fueron de 15, 30, 60, 90 y 120. Al momento de retirar cada película (se toma con pinzas metálicas la película y con otras pinzas se sujeta un algodón), se lava al chorro de agua y se limpia el material no adherido al sustrato.

La caracterización óptica se realizó obteniendo los espectros de absorción y transmisión en un rango de 300 a 1100nm, con un espectrofotómetro de absorción molecular Hach DR6000.

#### IV.RESULTADOS

Con la finalidad de conocer la influencia de las condiciones de síntesis en el crecimiento de las películas, se hicieron varias iteraciones fijando los factores; temperatura, relación molar Cd/S y tiempo de depósito.

Fig. 2 Transmitancia de películas delgadas de CdS de 2 horas de tiempo de depósito, a) Variando las relaciones molares Cd/S depositadas por CBD y b) Variando temperatura.



Las relaciones molares con mayor concentración de tiourea (1:9, 1:6 y 1:3) que fueron probadas en el baño químico, con un pH inicial de 10 y final de 8 respectivamente. Además, en el residuo de la solución de la síntesis de las películas, estas presentan un polvo de color amarillo-blancuecino.

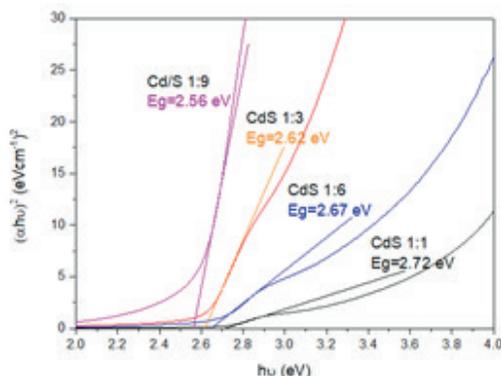
Tabla 3. Porcentaje de transmitancia obtenida a 480nm.

| VARIABLE | T%   | VARIABLE | T%   | VARIABLE | T%   |
|----------|------|----------|------|----------|------|
| 90°C     | 40.1 | 1:1      | 74.8 | 1:9      | 40.1 |
| 80°C     | 31.8 | 3:1      | 100  | 1:6      | 87.2 |
| 70°C     | 77.9 | 6:1      | 100  | 1:3      | 66.4 |
| 50°C     | 99.3 | 9:1      | 96   |          |      |
| TA       | 100  |          |      |          |      |

Para las relaciones 3:1 y 6:1 sucedió algo particular, su depósito fue muy similar y en ambas soluciones, se formaron unos cristales blancuecinos los cuales fueron disolviéndose con el transcurso del tiempo, y se obtuvo un pH final de 10, la solución apenas se comenzó a tonar amarilla pasadas las 2 horas, mientras que en los otros casos la solución se había tornado amarilla a los pocos minutos de síntesis (de 20-30 minutos).

Para la variación de la temperatura se decidió fijar la composición de la proporción molar Cd/S 1:9, ya que visualmente, sus características, eran las mejores en comparación de las otras proporciones molares. A partir de la observación de los espectros de la figura 2b, se logra demostrar que, en temperaturas mayores a 70°C, se logra depositar el CdS sobre el sustrato, pero en temperaturas de 50 o temperatura ambiente (TA), no se obtienen buenos resultados en el crecimiento, lo que se corrobora con los espectros de transmitancia con una transmitancia promedio cercana al 100%, como se observa en la figura 2b.

Fig. 3. Band gap de sustratos variando la relación molar (variación de tiourea) depositadas por CBD.



Se muestran los datos de % de transmitancias en 480 nm, debido a que es el punto de inflexión más notorio en los espectros de transmisión, en la misma se ve que para la variante de 80°C, es la de menor transmitancia, seguida de la relación 9 a 1 a 90°C. En la figura 3 se muestran las gráficas de Tauc para el cálculo de la energía gap, por extrapolación de la porción recta de la línea de la gráfica  $(h\nu)^2$  vs la energía del fotón.

#### V. DISCUSIÓN (O ANÁLISIS DE RESULTADOS)

En el caso de las relaciones molares Cd/S 1:9, 1:6, 1:3 y 1:1, debido al polvo amarillo- blanquecino presentado al final de la solución, nos indica que el mecanismo de crecimiento fue clúster por clúster, ya que es un crecimiento heterogéneo. Mientras que las películas que crecieron con una relación molar de 3:1, 6:1 y 9:1, presentaron una solución semi transparente, con tonalidad amarilla lo cual indica que el crecimiento para un tiempo de 2 horas el homogéneo o ion por ion.

En la tabla 3 se muestra el porcentaje promedio de transmitancia en 480 nm, para cada una de las relaciones molares. Se observa numéricamente las que tiene una mayor relación molar de azufre y mayor temperatura al momento de la síntesis, tienden a tener porcentajes de transmitancia menores. Los resultados son congruentes con los reportados por autores como Enríquez & Mathew (2003), reportaron una banda gap para películas de sulfuro de Cadmio de hasta 2.48 eV, mientras que Liu et al., (2010) reporta valores de hasta 2.56 eV, esto se le atribuye a la estructura hexagonal formada sobre el sustrato de vidrio.

#### VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los crecimientos obtenidos con valores de pH cercanos a 10 favorecieron un mejor crecimiento de las películas de CdS por CBD. La relación molar Cd/S afecta el crecimiento de las películas, siendo mayor a medida que aumenta la concentración de azufre hasta la relación 1: 9. Se encontró una asociación entre las relaciones molares con el gap de energía, encontrándose datos de hasta 2.72 eV a medida que la relación molar entre los iones Cd y S se equilibra en la solución reactiva; mientras que se reduce hasta 2.56 eV, con el aumento de la proporción de azufre con respecto al cadmio.

Las proporciones 3: 1, 6: 1 y 9: 1 fueron ineficaces para la formación de películas homogéneas y bien adheridas al sustrato. Con base en las observaciones experimentales y las características de los residuos, el mecanismo de reacción que se propone para estos casos es el llamado clúster por clúster. La temperatura está directamente relacionada con el crecimiento de películas delgadas por DBQ, a medida que disminuye, la transmisión promedio aumenta debido a la disminución de espesores. 70 ° C es una temperatura óptima para el crecimiento de CdS.

## VII. RECONOCIMIENTOS

Agradezco infinitamente a las doctoras Mónica Ortuño López y Yolanda Jiménez Flores, por compartir sus conocimientos, además de su paciencia y su interés por apoyar a los estudiantes. Al Tecnológico Nacional de México campus ITQ, por prestar sus instalaciones ya que sin ellas no se hubiera podido llevar a cabo esta investigación.

## REFERENCIAS

- Andrés, W., & Lozada, V. (2011). Desarrollo De Materiales Fotovoltaicos Usados Como Ventana Optica En Celdas Solares.
- Connor, N. (2020). Energy Gap in Semiconductors. <https://www.radiation-dosimetry.org/es/que-es-band-gap-energy-gap-in-semiconductors-definition/>
- Enríquez, J. P., & Mathew, X. (2003). Influence of the thickness on structural, optical and electrical properties of chemical bath deposited CdS thin films. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 76(3), 313–322. [https://doi.org/10.1016/S0927-0248\(02\)00283-0](https://doi.org/10.1016/S0927-0248(02)00283-0)
- Francisco Ochoa. (2018). Estudio de las estructuras CdS/ZnTe:Cu para el desarrollo de fotodetectores (Vol. 33, Issue 11). <https://landsat.usgs.gov/documents/Landsat8DataUsersHandbook.pdf><http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Algorithm+Theoretical+Basis+Document+for+ASTER+Level-1+Data+Processing#4%0Ahttp://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/8785%0Ahtt>
- Hop, B. X., Trinh, H. Van, Dat, K. Q., & Bao, P. Q. (2008). Growth of CdS thin films by chemical bath deposition technique. *VNU Journal of Science, Mathematics -Physics*, 24, 119–123.
- Liu, F., Lai, Y., Liu, J., Wang, B., Kuang, S., Zhang, Z., Li, J., & Liu, Y. (2010). Characterization of chemical bath deposited CdS thin films at different deposition temperature. *Journal of Alloys and Compounds*, 493(1–2), 305–308. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2009.12.088>
- M. Loeza-Poot. (n.d.). COMPARACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÓPTICAS Y MORFOLÓGICAS DE LAS PELÍCULAS DELGADAS DE CDS Y CDS : O DEPOSITADAS POR RF-SPUTTERING.
- Ouachtari, F., Rmili, A., Elidrissi, B., Bouaoud, A., Erguig, H., & Elies, P. (2011). Influence of Bath Temperature, Deposition Time and S/Cd Ratio on the Structure, Surface Morphology, Chemical Composition and Optical Properties of CdS Thin Films Elaborated by Chemical Bath Deposition. *Journal of Modern Physics*, 02(09), 1073–1082. <https://doi.org/10.4236/jmp.2011.29131>
- XIMELLO, N. (2005). Propiedades de Películas Delgadas de CdS Depositadas por Baño Químico-Sputtering en celdas solares de CdS / CdTe.

# CARACTERIZACIÓN ÓPTICA DE PELÍCULAS DELGADAS SEMICONDUCTORAS

Paola Dhamar Gómez Barrales

Instituto Tecnológico Nacional de México Campus Querétaro.

Av. Tecnológico s/n, Colonia Centro Histórico. Querétaro, Querétaro.

*paoladhamar.gb@gmail.com*

Mónica Balvanera Ortuño López

Instituto Tecnológico Nacional de México Campus Querétaro

Av. Tecnológico s/n, Colonia Centro Histórico. Querétaro, Querétaro.

*monica.ol@queretaro.tecnm.mx*

Resumen — En este trabajo se comparan las propiedades ópticas de 7 series de películas delgadas de CdS sintetizadas mediante la técnica de depósito por baño químico, en función de la concentración de sus reactivos precursores. Se ha creado una variación en la relación molar entre el cadmio y azufre, con el objetivo de conocer la influencia de las diferentes proporciones Cd/S en las propiedades, con base a datos obtenidos por espectroscopia UV-Vis. La serie D exhibe espesores más altos, la serie C presenta una mejor cinética de crecimiento. Se encontró que la formulación adecuada para la formación del CdS se construye con una mayor proporción de tiourea. La energía de banda prohibida se encontró entre 2.3 a 2.7 eV.

Palabras clave — DBQ, películas delgadas de CdS, relación molar Cd-S

Abstract — In this work, the optical properties of 7 series of CdS thin films synthesized by the chemical bath deposition technique are compared as a function of the concentration of their precursor reagents. A variation in the molar ratio between cadmium and sulfur has been created, in order to know the influence of different Cd/S proportions on the properties, based on data obtained by UV-Vis spectroscopy. The D series exhibits higher thicknesses, the C series presents better growth kinetics. It was found that the suitable formulation for CdS formation is constructed with a higher proportion of thiourea. The bandgap energy was found to be above 2 eV.

Keywords — CBD, CdS thin films, molar relation CdS

## I. INTRODUCCIÓN

Actualmente el papel de los materiales semiconductores ha tomado gran importancia debido a las propiedades que estos presentan y todas las áreas posibles de su aplicación. Los semiconductores obtenidos de los calcogenuros como es el caso del CdS, que es reconocido como un semiconductor con aplicaciones amplias en el área electrónica y optoelectrónica, captando la atención de la comunidad científica por su uso en la fabricación de celdas solares (Optics OI, 2015) y otros dispositivos electrónicos.

Existen diversos métodos para la síntesis de estas películas como lo es spray pirolisis o sputtering, sin embargo, entre ellos destaca uno por su sencilla instrumentación, bajo costo y eficacia. El Depósito por Baño Químico (DBQ) es una técnica relativamente sencilla que puede realizarse con un vaso de precipitado en un baño con temperatura controlada y menores a 90°C. DBQ consiste básicamente en el crecimiento de la película sobre un sustrato que se encuentra sumergido en una solución acuosa compuesta de diversas sustancias que reaccionan entre sí, formando películas con espesores de entre los 20-1000 nm (Mazón, 2009). A pesar de ser sencilla su ejecución, el principio químico debajo de esto presenta una complejidad mayor al intervenir una serie importante de variables que afectaran directamente en las cinéticas de crecimiento, y las propiedades ópticas, eléctricas, morfológicas y estructurales de las películas. Las principales variables del DBQ son el pH, la temperatura de depósito, la naturaleza del sustrato, así como la relación molar que existe entre el cadmio y el azufre. En este trabajo se establecen diferentes relaciones en donde la concentración de los agentes precursores; cloruro de cadmio y tiourea, varían en proporciones molares distintas, con el objetivo de identificar los cambios en las propiedades ópticas de las películas para reconocer una fórmula ideal mediante la cual el mecanismo de depósito presenta la mejor cinética de crecimiento y mejores cualidades, para las aplicaciones potenciales de estos materiales.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales: vaso de precipitado de 100 ml, sustratos de vidrio, soluciones correspondientes, baño caliente, termómetro de mercurio, tiras indicadoras de pH, 5 probetas, agua desionizada, papel aluminio, pinzas de metal, algodón, etiquetas.

Tabla 1. Planteamiento de las proporciones molares de los agentes precursores

| SERIE         | A | B | C | D | E | F | G |
|---------------|---|---|---|---|---|---|---|
| [[CdCl]] _2   | 1 | 1 | 1 | 1 | 9 | 6 | 3 |
| CH]] _4 N_2 S | 1 | 3 | 6 | 9 | 1 | 1 | 1 |

Se sintetizaron 7 series distintas de películas delgadas de CdS en las cuales uno de los agentes precursores fue afectado en su concentración para evaluar los efectos.

Con referencia en el trabajo publicado por Contreras, Copado, Ortuño, Barreiro, Sánchez, (2018), y realizando una modificación en la cantidad de [[CdCl]] \_2, la fórmula base de las películas de CdS en orden fue la siguiente; 20 ml de [[CdCl]] \_2 (0.05M), 2.5 ml de citrato de sodio C\_6 H\_5 O\_7 [[Na]] \_3 (1M), 0.5 ml de KOH (1M), 10 ml de Buffer de Borato, 5 ml de tiourea CH \_4 N\_2 S (0.94M) y lo que resta para 50 ml de agua (12 ml). Partiendo de esta fórmula, se plantearon otros métodos cambiando la proporción entre el cloruro de cadmio y la tiourea sin variar el resto de la formulación, tal como se muestra en la tabla 1.

En cada reactor se colocaron 5 sustratos de vidrio formando un pentágono, estos fueron previamente limpiados y mantenidos en agua desionizada. El reactor de cada serie fue colocado en el baño caliente a una temperatura de 90°. Con ayuda de una tira indicadora de pH, se midió el pH de la reacción al inicio y al final de cada proceso de depósito, además, debido a la cercanía con la temperatura de ebullición, el vaso de precipitado fue tapado con

una capa de papel aluminio para evitar pérdidas por evaporación. Una vez comenzado el depósito, los sustratos fueron retirados uno a uno en tiempos de 15, 30, 60, 90 y 120 minutos, buscando controlar el espesor de los recubrimientos obtenidos.

### III. RESULTADOS

La caracterización óptica se realizó con un espectrofotómetro UV-Vis Hach DR6000, el escaneo de longitud de onda se estableció desde los 280 nm hasta los 1100 nm con un intervalo de barrido de 1 nm. Los resultados siguientes corresponden a las series más representativas. Se realizó una aproximación de la energía de banda prohibida mediante el método de Tauc.

Fig. 1 Espectros de absorción y transmisión de la serie A (relación 1:1 Cd/S)

Fig. 2 Espectros de absorción y transmisión de la serie D (relación 1:9 Cd/S)

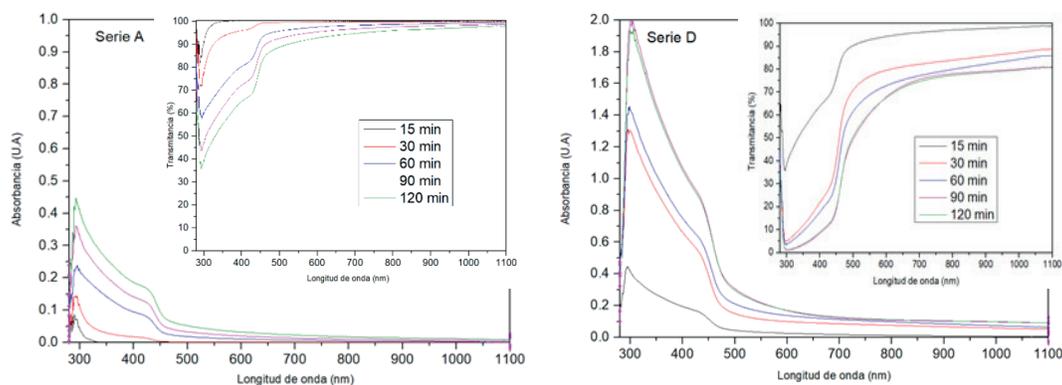
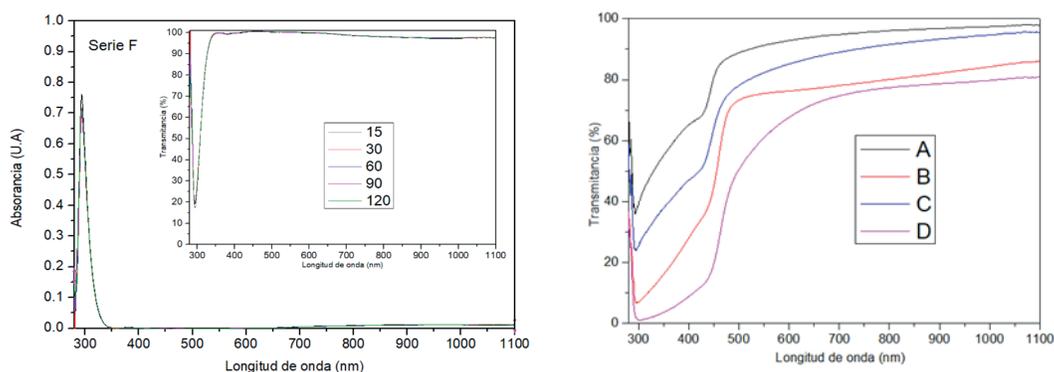


Fig. 3 Espectros de absorción y transmisión de la serie F (relación 6:1 Cd/S)

Fig. 4 Espectros de transmisión de las series A- D, de las películas de 120 min.



### IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS

La serie A (Fig. 1), con una relación Cd/S 1:1 reportó porcentajes de transmitancia mayores al 90% por encima de los 440 nm, siendo los valores más altos correspondientes a las películas con menor tiempo de depósito. Por su parte, los bordes de absorción característicos se encontraron cercanos a los 440 nm de longitud de onda. Las series B y C mostraron espectros similares, pero con valores menores de transmitancia comparados con la serie A y, al contrario, valores de absorbancia superiores, lo que indica que los espesores de estas películas fueron mayores en relación con cada tiempo de depósito.

Por otro lado, la serie D (Fig. 2), serie con la mayor proporción del precursor de azufre (1:9 Cd/S), mostró un

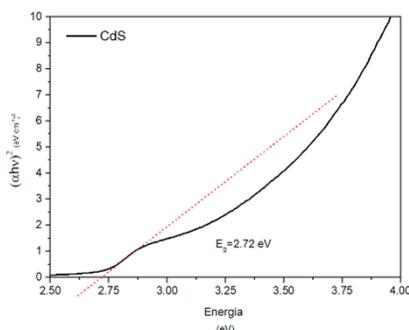
rango de porcentaje de transmitancia por encima del 70%, los espectros de las películas de 90 y 120 minutos demuestran que la reacción de crecimiento llegó a su fin a los 90 minutos.

Al analizarse la serie F (Fig.3), en donde la proporción de agentes precursores fue mayoritaria para el Cd se demostró que el crecimiento de la película fue mínimo, pues, el espectro de transmitancia muestra un traslape de todas las películas de diferente tiempo de depósito en un valor muy cercano al 100% de transmitancia. Así mismo, el espectro de absorbancia no exhibe pendiente alguna asociada con el borde de absorción característico del sulfuro de cadmio. Las series E y G plasmaron resultados similares a la serie F.

Tabla 2. Energías de banda prohibida (eV) para las diferentes series de películas

| T              | $E_g A$ | $E_g B$ | $E_g C$ | $E_g D$ |
|----------------|---------|---------|---------|---------|
| 15 min         | -       | -       | 2.390   | 2.193   |
| 30 min         | -       | 2.628   | 2.440   | 2.325   |
| 60 min         | 2.749   | 2.597   | 2.375   | 2.308   |
| 90 min         | 2.492   | 2.634   | 2.376   | 2.270   |
| 120 min        | 2.721   | 2.621   | 2.397   | 2.248   |
| $E_g$ promedio | 2.654   | 2.620   | 2.396   | 2.269   |

Fig. 5 Cálculo de Energía de Banda Prohibida de la película de 120 min de la serie A (1:1 Cd/S).



La Fig. 4 exhibe las curvas de transmisión de las películas correspondientes a 120 minutos de las series A, B, C y D, se observó que la transmitancia disminuye conforme la tiourea aumenta.

En base a los espectros de absorción obtenidos con la caracterización UV-Vis y, mediante la aplicación del método de Tauc, se realizó una aproximación de las energías de banda prohibida correspondientes a cada serie como se indicó en la tabla 2 y se muestra en la Fig. 5

Algunos valores de  $E_g$  fueron incalculables por este método, debido a los bajos espesores de las películas de las series E, F y G, así como las de las películas de menor tiempo de depósito de las series A y B. En la tabla 2 se observa claramente que la  $E_g$  aumenta significativamente cuando la proporción S disminuye en el baño.

## V. CONCLUSIONES

Con base a los espectros de absorción y transmisión de las películas de CdS estudiadas en este trabajo, se demuestran las propiedades ópticas características de estos materiales, tales como altas transparencia por encima del borde ubicado alrededor de los 440-500 nm, baja transmisión de la radiación UV y energías gap promedio

de 2.5 eV. Con lo que se puede comprobar la identidad de los materiales estudiados. Se logró reconocer el efecto de las proporciones molares Cd/S en el crecimiento de las películas, identificando la relación entre una mayor proporción S en el baño y una menor transparencia de las películas. Lo que sin dudar podemos relacionar con un mayor índice de crecimiento y por tanto con aumento en el espesor de los materiales. Se identificó a las relaciones Cd/S 1:6 y 1:9, como las que proporcionan las mejores cinéticas de crecimiento de todas las formulaciones probadas. Sin embargo, la cinética de crecimiento de fórmula 1:9 Cd/S concluye a los 90 minutos. Se logró la sintonización de las  $E_g$  de las películas delgadas de CdS en un intervalo aproximado de 2.3 a 2.7 eV, mediante el control de la composición del baño mediante las relaciones molares Cd/S con lo que puede esperarse el control de cierta variación en las propiedades eléctricas las películas.

## VI. AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Tecnológico Nacional de México Campus Querétaro, al comité organizador del Verano de la Ciencia Región Centro, así como a la Dra. Mónica Balvanera Ortuño López por todo el apoyo y herramientas otorgadas para llevar a cabo la estancia de verano 2021. A si mismo, al laboratorio de materiales y sus auxiliares por brindar toda su disposición para llevar a cabo este proyecto.

## REFERENCIAS

- Optics OI (2015). Effect of cu-doping on structural, optical and photoluminescence properties of CdS thin films. M. Muthusamy, S. Muthukumaran
- Mazón Montijo D. A. (2009). Síntesis de películas delgadas de sulfuro de cadmio (CdS) en diferentes sustratos por depósito en baño químico: Estudio de su proceso de crecimiento. (Tesis de maestría, Universidad de Sonora). Repositorio Nacional. <https://www.repositorionacionalcti.mx/recurso/oai:www.repositorioinstitucional.uson.mx:unison/302>
- Ortuño López, M. B., Ochoa-Landín, R., Sandoval-Paz, M. G., Sotelo-Lerma, M., Flores-Acosta, M., & Ramírez-Bon, R. (2013, 28 junio). Studies on the properties of CdS films deposited from pH-controlled growth solutions. <https://doi.org/10.1590/S1516-14392013005000103>
- Liu, F., Lai, Y., Liu, J., Wang, B., Kuang, S., Zhang, Z., Li, J., & Liu, Y. (2009, 15 diciembre). Characterization of chemical bath deposited CdS thin films at different deposition temperature. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2009.12.088>
- Santos-Cruz, J., Mayén-Hernández, S. A., Coronel-Hernández, J., & de Moure-Flores, F. (2013). Obtención de sulfuros metálicos semiconductores por la tecnica de baño químico. Disponible en <https://acortar.link/sApgl6>
- Heredia Cancino J. A. (2013). Efecto del tratamiento térmico con Cloruro de Cadmio sobre películas de CdS libres de amonio. (Examen profesional). Universidad de Sonora, Sonora.
- Oliva, A. I., Solís Canto, O., Castro-Rodríguez, R., & Quintana, P. (2001, 29 junio). Formation of the band gap energy on CdS Thin films growth by two different techniques. ELSEVIER. [http://dx.doi.org/10.1016/S0040-6090\(01\)00830-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0040-6090(01)00830-6)
- Contreras Serrato, A., Copado Padilla, B. P., Ortuño López, M. B., Barreiro Rodríguez, G., & Sánchez, J. (2018). Estudio de condiciones idóneas para la síntesis química sostenible de materiales semiconductores con propiedades optoelectrónicas, estudio de repetibilidad. NTHE, 81–86. <http://www.nthe.concyteq.edu.mx/>

# MODELACIÓN MATEMÁTICA PARA LA PROPAGACIÓN DE INFECCIONES Y EL USO DE MECANISMOS DE CONTROL

Alejandro Cruz Durán  
Universidad Autónoma de Aguascalientes  
Av. Universidad #940, C.P 20100,  
Aguascalientes, Ags.  
*alex\_5\_a@yahoo.com*

Juan Gonzalo Barajas Ramírez  
Instituto Potosino de Investigación científica y  
tecnológica  
Camino a la Presa de San José #2055, C.P. 78216  
San Luis Potosí, SLP.  
*jgbarajas@ipicyt.edu.mx*

Resumen - Las enfermedades infecciosas son un problema de salud mundial que a lo largo de la historia han causado epidemias devastadoras. Por ello, los modelos matemáticos que describen su comportamiento son una herramienta fundamental de cualquier sistema de salud, ya que nos permiten evaluar y diseñar estrategias para evitar la propagación continua de estas enfermedades. El objetivo de esta investigación fue diseñar y evaluar un modelo matemático que describa el comportamiento de ciertas enfermedades. Para ellos se realizó una investigación bibliográfica acerca de la modelación matemática sobre la propagación de infecciones e información de distintas infecciones a modelar. A su vez se trabajó con el programa GNU-Octave para la modelación y simulación de las enfermedades.

Palabras clave: Infecciones, modelación, enfermedades

Abstract - Infectious diseases are a global health problem that throughout history have caused devastating epidemics. For this reason, mathematical models that describe their behavior are a fundamental tool of any health system, since they allow us to evaluate and design strategies to avoid the continuous spread of these diseases. The objective of this research was to design and evaluate a mathematical model that describes the behavior of certain diseases. For them, a bibliographic research was carried out on the mathematical modeling of the spread of infections and information on different infections to be modeled. In turn, it worked with the GNU-Octave program for the modeling and simulation of diseases.

Keywords: Infections, modeling, diseases

## I. INTRODUCCIÓN

Las enfermedades infecciosas, aquellas que pueden ser transmitidas de un individuo a otro a través de un mecanismo de transmisión, son un problema para el sistema de salud de todo el mundo. Esto se debe a que su rápida transmisión y propagación puede originar brotes que a su vez pueden dar inicio a epidemias en una región. Siendo así, la aparición de varias epidemias alrededor del mundo se denominará pandemia. Los modelos matemáticos tienen como objetivo describir el comportamiento de una enfermedad y el proceso de transmisión, en función de ciertos datos y suposiciones obtenidos de la enfermedad infecciosa. Estos mismos, nos permiten responder varias incógnitas que pueden surgir sobre una enfermedad, como lo son su severidad, duración, pico máximo, efectividad de una vacuna o medidas de prevención, entre otras.

## II. MARCO TEÓRICO

### A. MODELOS EPIDEMIOLÓGICOS DETERMINISTAS DE ENFOQUE COMPARTIMENTAL

En estos modelos la población se clasifica dentro de distintos compartimentos, los cuales dependen de la historia natural de la enfermedad. Los compartimentos para una enfermedad infecciosa simple serían:

- S: susceptibles
- I: infectados
- R: recuperados

El objetivo del modelo matemático es determinar el número de hospederos en cada uno de los 3 compartimentos en cualquier momento ( $t$ ), estos números los denominamos  $S(t)$ ,  $I(t)$  y  $R(t)$ .

1. La transmisión de la enfermedad ocurre de forma horizontal a través de contacto directo entre individuos
2. La distribución de los hospederos en la población es homogénea y sigue la ley de acción de masas la cual nos dice que el número de contactos entre hospederos de distintos compartimentos depende únicamente del número de hospederos en estos compartimentos. En particular la tasa de incidencia puede ser expresada como:  $\lambda I(t)S(t)$ , donde  $\lambda$  es llamado tasa de transmisión.
3. La tasa de transmisión de un compartimento es directamente proporcional al número de hospederos en este. Por ejemplo, la tasa de transferencia de I a R depende de la tasa de recuperación ( $\gamma$ ) y puede ser expresada como  $\gamma I(t)$ .
4. Los individuos infectados se vuelven infecciosos sin un periodo de latencia.
5. No hay pérdida de inmunidad o posibilidad de reinfección.
6. No hay ingreso de nuevos susceptibles y tampoco hay salidas de los compartimentos.
7. El total de la población se mantiene como una constante. (1)

### B. DEMOGRAFÍA, NACIMIENTOS, MUERTES Y CRECIMIENTO POBLACIONAL.

Para incorporar la demografía al modelo de Kermack McKendrick es necesario hacer algunas suposiciones, entre las cuales, la tasa de nacimientos y defunciones es proporcional al tamaño de la población. (1,2) Otro aspecto para tomar en cuenta es la inmigración y emigración. Para añadirlo al modelo solo hay que asumir que la inmigración es una constante por unidad de tiempo y la denominamos  $A$ . Para la emigración, pueden estar incluidos en  $d1S$ ,  $d2I$  y  $d3R$ .

### C. PERIODOS DE LATENCIA

Para incorporar el periodo de latencia a un modelo matemático tenemos que hacer ciertas suposiciones. Primero

al grupo de infectados se divide en dos, un grupo para el periodo de latencia E y el grupo de pacientes que ya son infecciosos I, la transferencia de individuos entre estos dos grupos ocurrirá de manera proporcional a la población de E y con una tasa de transferencia que asumiremos y llamaremos  $\hat{I}$  la cual permanece constante. (1,3)

#### D. INMUNIDAD ADQUIRIDA

En los modelos compartimentales, las personas que pierden la inmunidad pasan de R a S. Asumimos que la tasa de transferencia es proporcional al tamaño de la población de R. (1)

#### E. RUTAS DE TRANSMISIÓN: HORIZONTAL Y VERTICAL

Una transmisión vertical se refiere cuando un patógeno pasa de la madre a su hijo durante el embarazo y el niño nace infectado. Para modelarlo, se toma a  $r$  como una fracción de los recién nacidos que nacen infectados. Y esta es multiplicada por la fracción de nacidos de madres infectadas. (1)

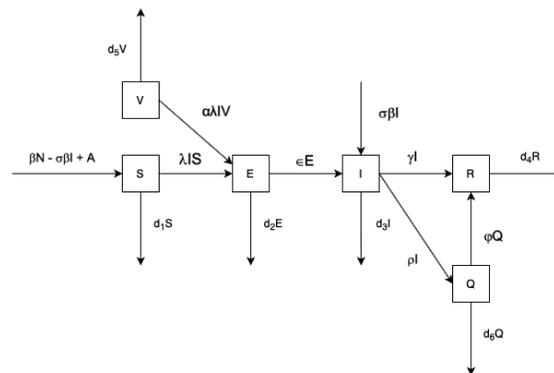
#### F. VACUNACIÓN Y CUARENTENA

Para modelar la vacunación, es necesario añadir un nuevo compartimento para los vacunados y un término nuevo de incidencia  $\alpha\lambda IV$ , donde  $\alpha$  es la probabilidad de que una persona vacunada pueda infectarse y donde  $\gamma$  es la tasa de transmisión, V los vacunados e I los infectados. (1,4)

Para modelar la cuarentena se añade un nuevo compartimento Q, el cual ingresan infectados en proporción de  $r$  que representa la tasa de infectados que realizan cuarentena y tiene egresos en proporción al número de personas en cuarentena con  $j$  que representa la tasa de recuperación de las personas en cuarentena. (5)

Considerando todas estas variables y suposiciones, obtenemos el siguiente diagrama de flujo (Figura 1) y sistema de ecuaciones diferenciales para describir una enfermedad. (Ec.1)

Figura 1. Diagrama de flujo del modelo SIERVQ con variables demográficas y transmisión vertical.



Sistema de ecuaciones del modelo SEIRVQ con variables demográficas y transmisión vertical. (Ec.1)

$$N(t) = S(t) + V(t) + E(t) + I(t) + R(t) + Q(t)$$

$$S'(t) = \beta N(t) - \sigma \beta I(t) + A - \lambda I(t) S(t) - d_1 S(t)$$

$$E'(t) = \lambda I(t)S(t) + \alpha \lambda I(t)V(t) - \epsilon E(t) - d_2 E(t)$$

$$I'(t) = \epsilon E(t) + \sigma \beta I(t) - \gamma I(t) - \rho I(t) - d_3 I(t)$$

$$R'(t) = \gamma I(t) + \varphi Q(t) - d_4 R(t)$$

$$V'(t) = -\alpha \lambda I(t)V(t) - d_5 V(t)$$

$$Q'(t) = \rho I(t) - \varphi Q(t) - d_6 Q(t)$$

Donde: N: Población total, S: Susceptible, E: Infectados latentes, I: Infectados sintomáticos, R: Recuperados, V: Población inmunizada, Q: Infectados en aislamiento, l: Tasa de transmisión, g: Tasa de recuperación, b: Tasa de nacimientos, d1: Tasa de remoción de S, d2: Tasa de remoción de E, d3: Tasa de remoción de I, d4: Tasa de remoción de R, d5: Tasa de remoción de V, d6: Tasa de remoción de Q, A: Tasa de emigración,  $\hat{I}$ : Tasa de transferencia de asintomáticos a sintomáticos, s: Tasa de transmisión vertical,  $\epsilon$ : Tasa de ineficacia de la inmunización, r: Tasa de infectados que realizan aislamiento y j: Tasa de recuperación de individuos aislados.

### III. MATERIALES Y METODOS

La investigación consistió en una revisión bibliográfica, donde se consultaron diversas fuentes, entre ellos artículos y libros en los idiomas inglés y español. Se tomó como base inicial el libro "An introduction to mathematical modeling of infect" de Michael Y. Li, el cual fue proporcionado por el investigador.

Para la modelación de infecciones se utilizó el programa GNU-Octave, donde se realizó un programa el cual fuera capaz de simular la infección deseada, y se procedió a graficar los resultados.

### IV. RESULTADOS

Se modelaron 3 enfermedades, las cuales fueron COVID-19, Influenza H1N1 y una enfermedad teórica. A cada una de estas enfermedades se le realizaron simulaciones desde un modelo SIR básico hasta uno que incluyera todos los conceptos mencionados en el marco teórico. Los valores para las constantes y compartimentos de cada enfermedad se obtuvieron mediante una investigación bibliográfica de ellas. Con base a esto se obtuvieron los siguientes resultados.

Figura 2. Gráfica del modelo SEIRVQ con variables demográficas y transmisión vertical para la enfermedad teórica.

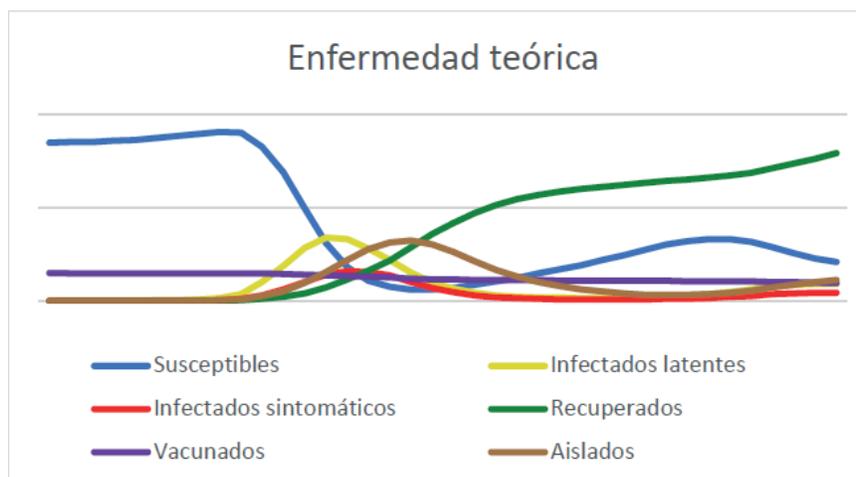


Figura 3. Grafica del modelo SEIRVQ con variables demográficas

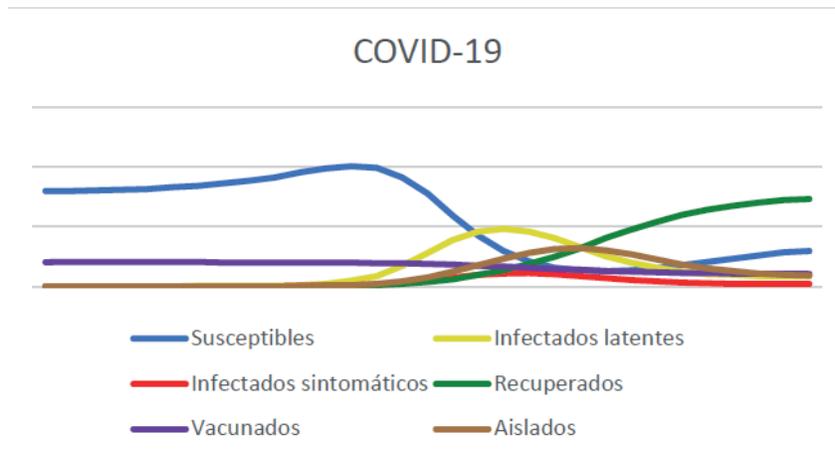


Figura 4. Grafica del modelo SEIRVQ con variables demográficas y transmisión vertical para Influenza H1N1.

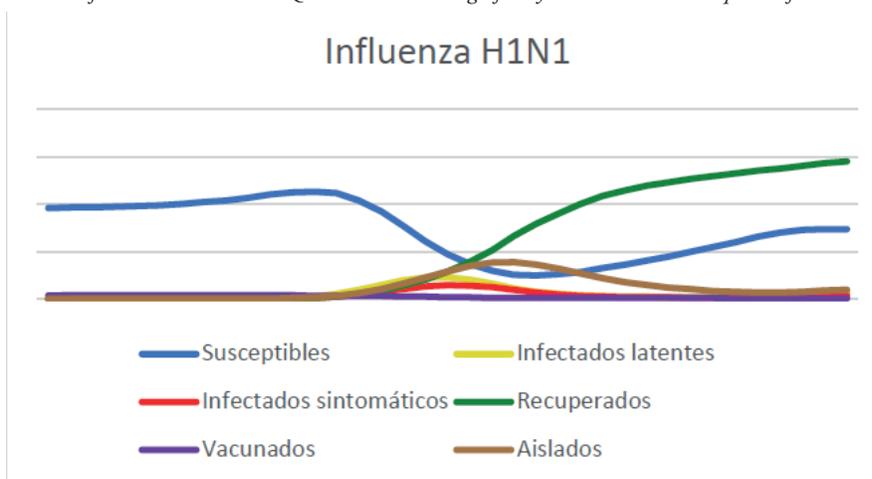


Tabla 1. Valores de las constantes del modelo SEIRVQ para la enfermedad teórica, COVID-19 e Influenza H1N1.

| Variable/Enfermedad | Valores    |          |                |
|---------------------|------------|----------|----------------|
|                     | Hipotética | COVID-19 | Influenza H1N1 |
| $\lambda$           | 3.5        | 2.5      | 1.5            |
| $\gamma$            | 0.1        | 0.071    | 0.14           |
| $\beta$             | 0.017      | 0.017    | 0.017          |
| $D_2$               | 0.001      | 0.001    | 0.001          |
| $D_2$               | 0.001      | 0.001    | 0.001          |
| $D_3$               | 0.100      | 0.095    | 0.023          |
| $D_4$               | 0.001      | 0.001    | 0.001          |
| $D_5$               | 0.001      | 0.001    | 0.001          |
| $D_6$               | 0.100      | 0.095    | 0.023          |
| $A$                 | 0.0016     | 0.0016   | 0.0016         |
| $\epsilon$          | 0.4        | 0.179    | 0.5            |
| $\sigma$            | 0.5        | 0.5      | 0.5            |
| $\alpha$            | 0.05       | 0.10     | 0.5            |
| $\rho$              | 0.60       | 0.60     | 0.60           |
| $\varphi$           | 0.1        | 0.071    | 0.14           |

## V. ANALISIS DE RESULTADOS

En el caso de la enfermedad teórica y COVID-19 tienen un comportamiento muy similar. (Figura 2,3) En ambos casos presentan un crecimiento acelerado de los recuperados y los infectados sintomáticos se mantienen bajos, esto gracias a las medidas de control como la cuarentena y la inmunización.

Por otra parte, la influenza H1N1 tuvo un comportamiento más sencillo, (Figura 4) debido a sus bajas tasas de transmisión, sus tasas de recuperación alta y las medidas de control, los infectados tanto latentes como sintomáticos nunca superan al número de susceptibles y la epidemia desaparece con rapidez.

## VI. CONCLUSIÓN

En este proyecto se propuso realizar y analizar simulaciones de modelos matemáticos de enfermedades reales con datos reales obtenidos mediante investigación bibliográfica. Los resultados obtenidos muestran que en efecto las medidas de control atenúan los efectos de una enfermedad infecciosa. Esto nos permite concluir que esta investigación tiene un gran valor para el entendimiento de la propagación de enfermedades por parte del sistema de salud.

## VII. AGRADECIMIENTOS

Expreso mi agradecimiento a la Universidad Autónoma de Aguascalientes y al Dr. Juan Gonzalo Barajas Ramírez por las facilidades y el apoyo otorgado para la realización de esta investigación.

## REFERENCIAS

1. Li MY. An Introduction to Mathematical Modeling of Infectious Diseases. 2 edition. Golden K, Lewis M, Nishiura Y, Sambridge M, Tribbia J, Passamani Zubelli J, editors. Canada: Springer; 2018. 163 p.
2. Liu C, Wu X, Niu R, Wu X, Fan R. A new SAIR model on complex networks for analysing the 2019 novel coronavirus (COVID-19). *Nonlinear Dyn* [Internet]. 2020;101(3):1777–87. Available from: <https://doi.org/10.1007/s11071-020-05704-5>
3. Manrique-Abril FG, Agudelo-Calderon CA, González-Chordá VM, Gutiérrez-Lesmes O, Téllez-Piñerez CF, Herrera-Amaya G. Modelo SIR de la pandemia de Covid-19 en Colombia. *Rev Salud Pública*. 2020;22(2):1–9.
4. Espinola-Sánchez M, Racchumí-Vela A, Sanca-Valeriano S, Espinola-Sánchez S, Arango-Ochante P, Saldaña-Díaz C, et al. Pandemia de Covid-19 y efecto de medidas de contención en población Peruana: Un modelamiento matemático SIR. *Rev del Cuerpo Médico del HNAAA*. 2020;13(2):110–5.
5. Fernández Viso D. Modelos Mecanísticos Determinísticos con Ecuaciones Diferenciales Sistemas de Ecuaciones Diferenciales [Internet]. *Rpubs*. 2018 [cited 2021 Jul 31]. p. 1–15. Available from: <https://rpubs.com/dsfernandez/422937>

# IDENTIFICACIÓN DE MARCADORES MOLECULARES PARA LA IDENTIFICACIÓN DE PLANKTOTHRIX A NIVEL DE ESPECIE

Alfonso Ángel Zamacona Barrios  
Instituto tecnológico superior de Irapuato  
Carretera Irapuato – Silao km 12.5. Col. El Copal  
C.P. 36821 Irapuato, Gto.  
*LIS17111658@irapuato.tecnm.mx*

Laura Valdés Santiago  
Instituto tecnológico superior de Irapuato  
Carretera Irapuato – Silao km 12.5. Col. El Copal  
C.P. 36821 Irapuato, Gto.  
*laura.vs@irapuato.tecnm.mx*

Resumen - Las proliferaciones cianoalgales en cuerpos de agua continentales y artificiales son cada vez más frecuentes, lo que pone en riesgo el suministro de agua. La identificación de los grupos taxonómicos permitiría determinar el nivel de peligro, y conocer si las especies presentes son potencialmente tóxicas. Planktothrix es un género conocido por producir microcistinas, potentes hepatotoxinas. En este trabajo se presenta la metodología empleada para seleccionar regiones del genoma de Planktothrix que puedan ser marcadores moleculares para la identificación de Planktothrix a nivel de especie. Se analizaron diferentes regiones del genoma de Planktothrix agardhii y Planktothrix rubescens, como el gen que codifica la 16S ARNr, la 23S ARNr y el espaciador transcrito interno (ITS) contenido entre las regiones 16S y 23S, con el objetivo de identificar la región adecuada para la identificación de Planktothrix a nivel de especie. La construcción de los árboles filogenéticos de máxima verosimilitud, utilizando regiones seleccionadas de los genes, reflejaron que no son las adecuadas para la identificación a nivel de especie, ya que las dos especies (agardhii y rubescens) aparecen en el mismo clado, es necesario analizar otras regiones que puedan ser útiles.

Palabras clave - Planktothrix rubescens, marcadores moleculares, Planktothrix agardhii, 16S ARNr, 23S ARNr, ITS.

Abstract - Cyanobacterial blooms in inland and artificial water bodies are becoming more frequent, putting the water supply at risk. The identification of the taxonomic groups would allow to de-

termine the level of danger, and to know if the species present are potentially toxic. *Planktothrix* is a genus known as microcystines producer, potent hepatotoxins. This research contains the methodology used to select regions of the genome of *Planktothrix* that may be molecular markers for the identification of *Planktothrix* at the species level. Different regions of the genome of *Planktothrix agardhii* and *Planktothrix rubescens*, such as the gene encoding 16S rRNA, 23S rRNA and the internal transcribed spacer (ITS), contained between the 16S and 23S regions, were analyzed with the aim of identifying the suitable region for the identification of *Planktothrix* at the species level. Maximum likelihood phylogenetic trees, constructed with selected regions of the mentioned genes, showed that, them are not suitable for the identification at specie level, since both species (*agardhii* and *rubescens*) appeared at the same clade, it is necessary to analyze other genome regions.

Keywords - *Planktothrix rubescens*, molecular markers, *Planktothrix agardhii*, genome, RNAr 16S, RNAr 23S, ITS

## I. INTRODUCCIÓN

Las cianobacterias son un componente natural en los sistemas acuáticos y, en baja abundancia, su presencia es importante en el ecosistema. Como las plantas o algún otro microorganismo, estas requieren de nutrientes, como fósforo o nitrógeno para su crecimiento; sin embargo, cuando estos nutrientes están en exceso, estimulan el crecimiento acelerado y descontrolado de las cianobacterias hasta producir floraciones, proliferaciones o blooms que pueden ser nocivas para el ecosistema [1].

*Planktothrix* es un género cianobacterial presente en la presa “El Palote” en León, Gto.; se trata de una floración nociva potencialmente tóxica, ya que, además de utilizar el oxígeno disuelto en la presa y obstruir el paso de la luz solar, lo que afecta la biodiversidad microbiana natural, es capaz de producir microcistinas y anatoxinas [2]. En un estudio de metagenómica realizado a muestras ambientales, donde se amplificó la región V3-V4 del gen que codifica la rARN 16S, con los oligonucleótidos 341f (CCTACGGGNGGCWGCAG) y 805r (GAC-TACHVGGGTATCTAATCC), no reveló la especie de *Planktothrix* presente en la presa, por lo que surgió la necesidad de buscar otras regiones.

El diseño de oligonucleótidos específicos, en regiones del genoma diferenciales entre diferentes aislados de este género, permitirá su identificación, al menor nivel taxonómico, de manera que pueda proponerse algún tratamiento, ya sea preventivo o remedial dirigido para su control en cuerpos de agua que presenten floraciones dominadas por *Planktothrix* y así evitar, posibles eventos de intoxicación [2].

## II. MARCO TEÓRICO

### A. *Planktothrix* spp.

El género *Planktothrix* constituye una de las primeras cianobacterias descritas formadoras de floraciones en la superficie de aguas dulces. Al principio, fue clasificada bajo el género de *Oscillatoria*; sin embargo, en 1998 se separó con el género *Planktothrix* debido a sus características ultraestructurales únicas a su estrategia de vida. Posteriormente, esta separación de géneros fue confirmada mediante la secuenciación de la región 16S ADNr (ADN ribosomal) [3].

Esta cianobacteria filamentosa se forma a partir de la división binaria. Comúnmente, estas células son cilíndricas,

poco más cortas que anchas y los tricomas están solos. Hoy en día, se han clasificado nueve morfoespecies de este género, mismas que se clasificaron en tres categorías. 1) Morfoespecies formadoras de filamentos ondulados y enroscados. 2) Morfoespecies formadoras de filamentos muy rectos, no atenuados y sin tapa. 3) filamentos atenuados con ahusamiento hacia los extremos que pueden formar una caliptra. En esta última categoría, se encuentran las especies *P. agardhii* y *P. rubescens* [3].

La ocurrencia o coocurrencia de estas dos especies es dominante en el fitoplancton de los ecosistemas marinos. Por otro lado, estas dos especies son muy conocidas por ser cosechadoras eficientes de la luz, debido a sus pigmentos. Pueden sobrevivir en condiciones de auto-sombra, aprovechar la poca luz y acumular más biomasa por unidad de fósforo, produciendo una floración cianobacterial, causando mayor turbidez que alguna otra especie en el fitoplancton [3].

La diferenciación morfológica entre estas dos especies frecuente y abundantemente encontradas en cuerpos de agua puede hacerse morfológicamente, ya que *P. agardhii*, tiene tricomas verde-azules abriendo hacia los extremos sin ficoeritrina; por otro lado, *P. rubescens* presenta tricomas rojizas o rosas que también abre hacia los extremos [3]. La morfología es importante cuando se observa bajo el microscopio o en la coloración de la superficie del cuerpo de agua, sin embargo, para conocer con exactitud la especie en cuestión, la identificación molecular es más precisa.

#### B. Identificación molecular

Los métodos moleculares permiten la evaluación de la composición taxonómica de la cianobacteria y, también, se permiten identificar a los grupos de cianobacterias que contienen el cluster del gen *mcy*, responsable de la síntesis de microcistinas, toxinas producidas por especies como *P. agardhii* y *P. rubescens* [4].

Existen diferentes técnicas para conocer la especie de algún microorganismo. Normalmente consisten en la separación de dos fragmentos amplificados de ADN de igual longitud que solo difieren en la composición de nucleótidos. Estos fragmentos son específicos para el microorganismo en cuestión y debe ser variable para ser distinguido entre los diferentes grupos. Las regiones que se utilizan para amplificar con los marcadores moleculares previamente diseñados son: la región 16S ARNr, la 23S ARNr o bien el espaciador transcrito interno (ITS, por sus siglas en inglés), que es una región localizada entre las dos mencionadas anteriormente [6].

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

La creación de árboles filogenéticos de máxima verosimilitud consta de una serie de pasos que se enlistan a continuación:

1. Se consultó información sobre los genes codificantes de las regiones 16S, 23S y el espaciador transcrito interno (ITS, por sus siglas en inglés) en la base de datos para nucleótidos de la plataforma NCBI (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nucleotide/>), con el fin de obtener las secuencias de los genomas pertenecientes a *Planktothrix agardhii-rubescens*.
2. Una vez obtenidas la o las secuencias de interés, se procedió a utilizar la herramienta de búsqueda de alineación local básica (BLAST) para nucleótidos de la plataforma NCBI ([https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi?PROGRAM=blastn&PAGE\\_TYPE=BlastSearch&LINK\\_LOC=blasthome](https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi?PROGRAM=blastn&PAGE_TYPE=BlastSearch&LINK_LOC=blasthome)). De los resultados arrojados, se seleccionaron aquellos pertenecientes a las especies en cuestión y las que tenían entre 90-95 % de similitud. Estas, se adjuntaron en un archivo de texto para su posterior alineación en el programa MEGA-X.
3. Utilizando el programa MEGA-X, se alinearon las secuencias con la herramienta Clustal W para ADN, para visualizar los espacios vacíos o gaps, al inicio o final de la misma para eliminarlos. También, se observó en toda la secuencia la presencia de estos y se eliminaron.
4. Posteriormente se guardó el archivo.FAS como archivo.MEGA (.meg) para encontrar el modelo ade-

cuado para construir el árbol filogenético de máxima verosimilitud. En la ventana principal de MEGA, se eligió la opción Models y se encontró el modelo óptimo.

5. Por último, se eligió la opción Phylogeny, dentro de la ventana principal, se eligió el modelo óptimo y se construyó el árbol filogenético de máxima verosimilitud.

#### IV. RESULTADOS

Con la finalidad de observar si los genes que codifican las regiones 16S del ARN ribosomal, 23S del ARN ribosomal o el Espaciador transcrito interno (ITS) contenido entre las regiones 16S-23S, se construyeron los árboles filogenéticos correspondientes a cada gen mencionado.

En la Figura 1, se observa una fracción del árbol construido para el gen que codifica la región ITS. Ambas especies de *Planktothrix* están contenidas en el mismo clado. En la Figura 2, se muestra una fracción del árbol construido para el gen que codifica la región 23S. De la misma manera, *P. agardhii* y *P. rubescens* se encuentran en el mismo clado. Por último, en la Figura 3, se visualiza una fracción del árbol construido para el gen que codifica la 16S; nuevamente se puede observar que ambas especies están situadas en el mismo clado.

Figura 1. Fragmento del árbol filogenético de máxima verosimilitud para la región seleccionada del espaciador transcrito interno (ITS).

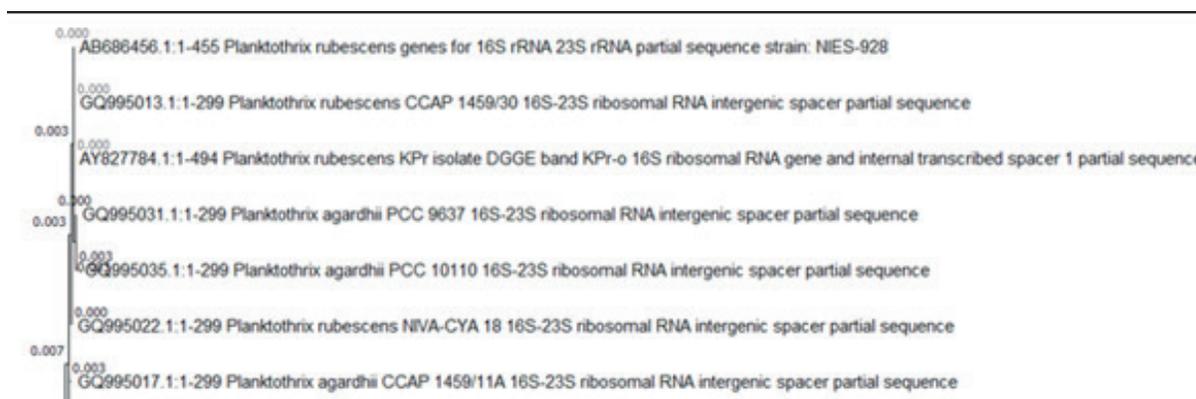
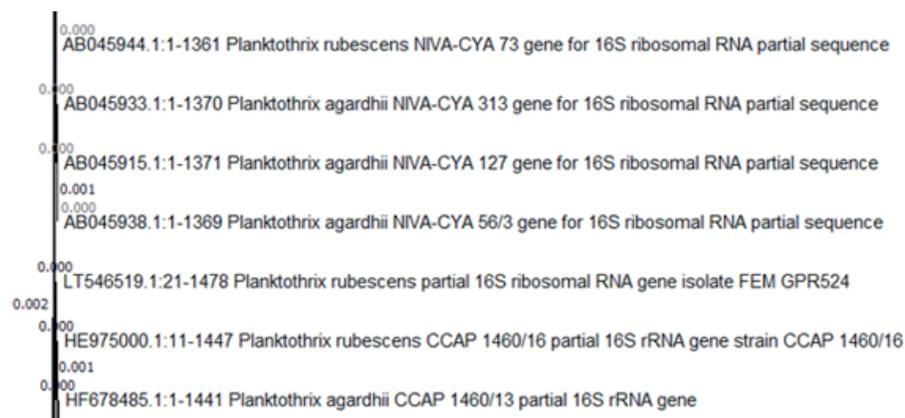


Figura 2. Fragmento del árbol filogenético de máxima verosimilitud para la región del gen que codifica la rARN 23S (16S-23S-ITS).



Figura 3. Fragmento del árbol filogenético de máxima verosimilitud para la región del gen que codifica para la rARN16S.



## V. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados anteriores sugieren que las regiones seleccionadas de los genes que codifican para la 16S ARNr, la 23S ARNr y el ITS, no son elegibles para diseñar los marcadores moleculares e identificar la especie de Planktothrix, ya sea *P. agardhii* o *P. rubescens*.

Dentro de las secuencias de estos genes, puede existir diferencias en los nucleótidos de ambas especies, es decir, que *P. agardhii* posea uno de ellos y *P. rubescens* otro, de esta forma, se recortan las secuencias dejando estos nucleótidos en el centro y se construye el árbol. El resultado es el mismo, el árbol filogenético obtenido sitúa a ambas especies en el mismo clado, por lo que es necesario, buscar otras regiones u otros genes que sirvan de marcadores moleculares; por ejemplo, Rodríguez (2020) empleó el gen *mcyD*, contenido en el operón de microcistina (operón *mcy*) para diseñar oligonucleótidos específicos (el directo 5'-GTATGGCGCGACTAATTTTC-3'; y el reverso (5'-AATTTTTGGGGTTTAAAAACAT-3') y así poder identificar a Planktothrix a nivel de especie, los que no fueron probados a nivel experimental, por lo que es necesario validarlos.

## VI. CONCLUSIONES

Las secuencias de los genes que codifican la 16S, la 23S o la ITS seleccionadas, no sirvieron para el diseño de marcadores moleculares para la identificación de Planktothrix a nivel de especie, ya que ambas aparecen en el mismo clado de los árboles filogenéticos de máxima verosimilitud.

## VII. RECONOCIMIENTOS

Agradezco profundamente a la Dra. Laura Valdés Santiago y al Dr. Noé García Chávez por su apoyo, guía y paciencia en la elaboración de este trabajo.

## REFERENCIAS

- [1] Bonilla, S. & Aubriot, L. (2019). Las cianobacterias invaden las playas de nuestro país: ¿qué son estos organismos, de dónde vienen y qué podemos hacer? Facultad de Ciencias de la UDELAR, sección de Limnología. <http://www.universidad.edu.uy/prensa/renderItem/itemId/44083>
- [2] Valdés-Santiago, L., J. N. García-Chávez & J. L. Castro-Guillén. 2021. Caracterización de las comunidades microbianas asociadas a un florecimiento cianoalgal en una presa de León, Gto. México mediante secuenciación de regiones variables de los genes que codifican la rARN 16S y 18S. *Hidrobiológica* 31(1): 93-105.
- [3] Kurmayer, R., Deng, L., & Entfellner, E. (2016). Role of toxic and bioactive secondary metabolites in colo-

nization and bloom formation by filamentous cyanobacteria *Planktothrix*. *Harmful algae*, 54, 69–86. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2016.01.004>

[4] Bukowska, A., Bielczy ska, A., Karnkowska, A., Chróst, R. J., & Jasser, I. (2014). Molecular (PCR-DGGE) versus morphological approach: analysis of taxonomic composition of potentially toxic cyanobacteria in freshwater lakes. *Aquatic biosystems*, 10(1), 2. <https://doi.org/10.1186/2046-9063-10-2>

[5] Rodríguez, A. (2020). Análisis de la diversidad bacteriana de un florecimiento algal en la presa “El palote” León Gto. Por medio de metagenómica y diseño de una estrategia para la identificación de *Planktothrix* a nivel de especie [Tesis de Licenciatura no publicada]. ITESI.

## ANÁLISIS DE DATOS DE ANTAGONISMO DE LA BACTERIA *BACILLUS SUBTILIS* MEDIANTE TÉCNICAS BIOINFORMÁTICAS Y DE ESTADÍSTICA.

Aranza Jaqueline Rivas Medina  
Universidad Autónoma de Aguascalientes  
Avenida Universidad # 940, C.U., 20131 Aguascalientes, Ags.  
*rivas.medina.uaa@outlook.com*

María Rico Martínez  
Instituto Tecnológico Superior de Abasolo  
Cuitzeo de 401 Cuitzeo de los Naranjos 36976, Los Naranjos, Abasolo, Gto.  
*maria.rico@tecabasolo.edu.mx*

Resumen — La investigación se basa en el análisis de la influencia de *B. subtilis* en la germinación y crecimiento de vegetales aunado a la utilización del programa RStudio para un análisis estadístico a una base de datos, donde se rescataron resultados obtenidos a partir de una investigación previa enfocada a observar el papel que jugaba *B. subtilis* en el crecimiento de la calabaza y el tomate. Se realizó el análisis estadístico con la finalidad de comprobar si efectivamente dicho microorganismo fungía como una bacteria promotora del crecimiento vegetal (PGPR). Finalmente, se reflejó en los resultados que *Bacillus subtilis* es un probiótico vegetal que promueve el crecimiento tanto del tomate como de la calabaza.

Palabras clave — Crecimiento, vegetal, R studio, *Bacillus subtilis*.

Abstract — The investigation is based on the analysis of the influence of *B. subtilis* on the germination and growth of vegetables in addition to the use of the RStudio program for a statistical analysis of a database, where results from a previous research were rescued, that research was focused on observing the role played by *B. subtilis* in the growth of pumpkin and tomato. Statistical analysis was carried out in order to verify if this microorganism was indeed a plant growth promoting bacterium (PGPR). Finally, the results showed that *Bacillus subtilis* is a vegetable probiotic that promotes the growth of tomato and pumpkin.

Keywords — Growth, vegetables, RStudio, *Bacillus subtilis*

## I. INTRODUCCIÓN

Esta investigación esta enfocada en el uso del programa RStudio, que es un entorno de programación libre donde se han implementado técnicas estadísticas que se utiliza para el procesamiento y análisis de datos implementado en el lenguaje S y enmarcado dentro de GNU [1], y a partir de RStudio, analizar una base de datos acerca del crecimiento de tomates y calabazas.

Previo a esta investigación hubo un análisis masivo de datos de origen biológico, en el cual se rescató una base de datos sobre una investigación centrada en analizar si *B. subtilis* podía influir en el crecimiento de plantas, en ese caso, calabazas y tomates.

*B. subtilis* es una bacteria Gram positiva, capaz de producir endosporas como respuesta al estrés, confiriéndole su resistencia y sobrevivencia; además de ser una bacteria saprófita, por lo que se le relaciona y ha usado en el ámbito agrónomo, también se ha utilizado como organismo modelo para estudiar metabolitos secundarios, producción, esporulación, desarrollo de biopelículas, apego a raíces de plantas y más, además de que ha encontrado que puede aumentar en las plantas, la tolerancia a la sequía y estrés salino, así como la capacidad de inhibición de germinación de esporas e hifas de otros microorganismos en las plantas [2].

## II. MARCO TEÓRICO

RStudio es una aplicación activa, con conectividad a varios tipos de datos y otros sistemas, es versátil y está disponible de manera gratuita [3]. Además, el programa tiene un lenguaje de programación efectivo y muchas técnicas estadísticas y gráficas, lo que facilitó su uso para la investigación.

Las PGPR por sus siglas en inglés, son bacterias promotoras del crecimiento vegetal, las cuales son de vida libre del suelo y que son buenas para las plantas, ya que suelen promover su crecimiento de dos formas: afectándoles el metabolismo al brindarles ciertas sustancias y mejorando la tolerancia de las plantas ante cualquier estrés. [4]

## III. MATERIALES Y MÉTODOS

Se recibió una base de datos obtenida a partir de una investigación previa, en la cual se tenían 48 charolas con semillas de calabaza, en la mitad de ellas se puso hojarasca y en las otras 24 se utilizó Peat Moss, a la mitad de charolas de cada uno de los sustratos (12 charolas) se les esterilizó, mientras que las otras 12 de cada sustrato no se les esterilizó, además de esto, a 6 charolas de Peat Moss y a 6 de hojarasca se les aplico bacteria, de las cuales a 3 charolas de cada uno se les aplicó la bacteria por medio de un medio y a las otras 3 de un caldo obtenido, mientras que a las otras 6 de cada sustrato, no se les puso bacteria, pero igual se utilizó un medio para 3 charolas y caldo para la otras 3 restantes de cada sustrato. Después de eso, se mantuvo en observación y se registró en una base de datos, la cantidad de plantas germinadas y el tamaño de tallo y raíz sólo de las calabazas germinadas. Lo mismo se hizo, con 48 charolas de tomate.

Al obtener la base de datos, se dedicó tiempo a organizarla en Excel, para tener una mejor comprensión de esta y para luego poder utilizarla en el programa de análisis estadístico.

Al tener una nueva base de datos, ya organizada, se procedió a aprender a utilizar RStudio, para poder hacer un análisis de los datos que se obtuvieron previamente.

Al dominar lo básico en RStudio, se dio paso al inicio del análisis de datos. Se empleó ayuda de videos en YouTube para el trabajo en RStudio, primero, se importó la nueva base de datos al programa [5], con ella ya en el programa, se hizo un data frame para poder obtener los datos estadísticos de la investigación [6], finalmente, se procedió a obtener la gráfica estadística en R [7].

## IV. RESULTADOS

### A. GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE TOMATE

#### 1) Utilización de Peat Moss

De la nueva base de datos organizada [Tabla 1], en cuanto a los tomates, se obtuvo que, al 50% de las charolas se les agregó Peat Moss, en las 12 charolas no estériles resultó que: de las 6 charolas a las que no se les añadió bacteria, en las 3 con medio germinaron 34 semillas y en las 3 donde se utilizó un medio de agua, germinaron 38 semillas, dando un total de 72 semillas. De las 6 charolas a las que no se añadió bacteria, en las 3 con medio germinaron 29 y en las 3 donde se empleó un medio con agua germinaron 22, dando un total de 51 semillas, generando un total de 123 semillas germinadas con ayuda de Peat Moss no estéril. A las otras 12 charolas se les esterilizó, resultó que: de las 6 charolas a las que no se les añadió bacteria, en las 3 con medio germinaron 38 semillas y en las 3 donde se utilizó un medio de agua, germinaron 31 semillas, dando un total de 69 semillas. De las 6 charolas a las que no se añadió bacteria, en las 3 con medio germinaron 32 y en las 3 donde se empleó un medio con agua también germinaron 32, dando un total de 64 semillas, generando un total de 133 semillas germinadas con ayuda de Peat Moss estéril. Resultando así en un total de 256 semillas germinadas derivadas del uso de Peat Moss.

#### 2) Utilización de Hojarasca

Basado en la metodología del uso de Peat Moss, se realizó con la hojarasca lo que se resumió en que resultaron 214 semillas germinadas. 104 de las semillas germinadas provinieron a partir de hojarasca no estéril, de las cuales 87 resultaron de la adición de bacteria, donde 53 resultaron de medio y 34 de medio con agua; las otras 17 semillas fueron resultado de la no adición de bacteria, de las cuales 5 salieron del uso de medio y 12 del uso de medio con agua

| Muestra | Planta    | Esteril | Bacteria | Tratamiento | Germinación de tomate | Germinación de calabaza | Tamaño de tallo calabaza |      |      | Tamaño raíz calabaza |     |     |
|---------|-----------|---------|----------|-------------|-----------------------|-------------------------|--------------------------|------|------|----------------------|-----|-----|
| 1       | Peat moss | No      | Si       | Medio       | 10                    | 18                      | 12.8                     | 13.5 | 13.2 | 2.7                  | 2.2 | 1.3 |
| 2       | Peat moss | No      | Si       | Medio       | 10                    | 13                      | 16                       | 10.8 | 11   | 1.7                  | 1.8 | 2   |
| 3       | Peat moss | No      | Si       | Medio       | 14                    | 19                      | 17                       | 17.1 | 17.2 | 2                    | 1.8 | 2.2 |
| 4       | Peat moss | No      | Si       | Agua        | 11                    | 9                       | 12.6                     | 8.2  | 8    | 3.8                  | 2.9 | 2   |
| 5       | Peat moss | No      | Si       | Agua        | 15                    | 12                      | 12.6                     | 12.1 | 11.9 | 2.3                  | 3.3 | 2.1 |
| 6       | Peat moss | No      | Si       | Agua        | 12                    | 3                       | 9.1                      | 9.3  | 11.3 | 3.3                  | 1.3 | 1.2 |
| 7       | Peat moss | No      | No       | Medio       | 8                     | 19                      | 13.8                     | 11.1 | 15.7 | 2.8                  | 2.2 | 1.7 |
| 8       | Peat moss | No      | No       | Medio       | 12                    | 14                      | 11.5                     | 17.3 | 14.6 | 1.2                  | 4.3 | 1.3 |
| 9       | Peat moss | No      | No       | Medio       | 9                     | 15                      | 10.9                     | 11.3 | 13   | 1.3                  | 1.3 | 1.8 |
| 10      | Peat moss | No      | No       | Agua        | 6                     | 13                      | 15.5                     | 6.5  | 11.8 | 3                    | 1.8 | 1.9 |
| 11      | Peat moss | No      | No       | Agua        | 10                    | 16                      | 14.6                     | 13.7 | 15.6 | 3.1                  | 2.7 | 3.1 |
| 12      | Peat moss | No      | No       | Agua        | 6                     | 15                      | 16.2                     | 13   | 13.7 | 3                    | 3.5 | 2.3 |
| 13      | Peat moss | Si      | Si       | Medio       | 12                    | 20                      | 14.3                     | 11.8 | 17.3 | 6.1                  | 3.3 | 3.1 |
| 14      | Peat moss | Si      | Si       | Medio       | 15                    | 15                      | 11.9                     | 12.4 | 14.2 | 1.4                  | 3.4 | 6.8 |
| 15      | Peat moss | Si      | Si       | Medio       | 11                    | 13                      | 19.5                     | 16   | 4.1  | 4.7                  | 4   | 6   |
| 16      | Peat moss | Si      | Si       | Agua        | 5                     | 6                       | 9.6                      | 15.5 | 11.8 | 5.5                  | 4   | 1.5 |
| 17      | Peat moss | Si      | Si       | Agua        | 10                    | 11                      | 10.9                     | 16.9 | 10.4 | 4.8                  | 5.9 | 4   |
| 18      | Peat moss | Si      | Si       | Agua        | 16                    | 10                      | 16                       | 13.1 | 15.3 | 5.5                  | 3.5 | 5.1 |
| 19      | Peat moss | Si      | No       | Medio       | 10                    | 15                      | 9.3                      | 13.2 | 12   | 2.9                  | 3.9 | 3.5 |
| 20      | Peat moss | Si      | No       | Medio       | 10                    | 10                      | 16.5                     | 16.8 | 15.3 | 8                    | 5.9 | 5.6 |
| 21      | Peat moss | Si      | No       | Medio       | 12                    | 16                      | 14.3                     | 16.3 | 13.2 | 3.4                  | 4.3 | 4.2 |
| 22      | Peat moss | Si      | No       | Agua        | 11                    | 9                       | 16.8                     | 17.3 | 15.5 | 6.3                  | 5   | 5.5 |
| 23      | Peat moss | Si      | No       | Agua        | 12                    | 7                       | 14.2                     | 9.5  | 11.1 | 5                    | 6.8 | 7.5 |
| 24      | Peat moss | Si      | No       | Agua        | 9                     | 1                       | 12.3                     | 10.9 | 7.6  | 6.3                  | 5   | 4.1 |
| 25      | Hojarasca | No      | Si       | Medio       | 13                    | 7                       | 10.6                     | 8.6  | 10.8 | 2.5                  | 2.4 | 1.9 |
| 26      | Hojarasca | No      | Si       | Medio       | 20                    | 13                      | 13.2                     | 13.2 | 15.4 | 3.5                  | 2.9 | 3   |
| 27      | Hojarasca | No      | Si       | Medio       | 20                    | 16                      | 18.9                     | 16   | 17   | 2.3                  | 3.4 | 3.9 |
| 28      | Hojarasca | No      | Si       | Agua        | 13                    | 12                      |                          |      |      |                      |     |     |
| 29      | Hojarasca | No      | Si       | Agua        | 9                     | 20                      | 13                       | 15.1 | 13   | 3.5                  | 2.6 | 4.7 |
| 30      | Hojarasca | No      | Si       | Agua        | 12                    | 16                      | 15.1                     | 15.2 | 14.2 | 2.5                  | 3.9 | 4.8 |
| 31      | Hojarasca | No      | No       | Medio       | 2                     | 11                      | 13.7                     | 13.3 | 12.9 | 3                    | 2.8 | 3.6 |
| 32      | Hojarasca | No      | No       | Medio       | 1                     | 17                      |                          |      |      |                      |     |     |
| 33      | Hojarasca | No      | No       | Medio       | 2                     | 18                      | 12.1                     | 16.7 | 16.8 | 2.4                  | 2.2 | 2.3 |
| 34      | Hojarasca | No      | No       | Agua        | 6                     | 6                       | 12.7                     | 12.3 | 12.4 | 2.7                  | 3.1 | 3   |
| 35      | Hojarasca | No      | No       | Agua        | 4                     | 3                       | 13                       | 14.5 | 7.7  | 3.6                  | 2.6 | 1.6 |
| 36      | Hojarasca | No      | No       | Agua        | 2                     | 10                      | 11.7                     | 13   | 10   | 3.6                  | 1.9 | 3.5 |
| 37      | Hojarasca | Si      | Si       | Medio       | 12                    | 7                       | 14.4                     | 14.6 | 14.4 | 3.1                  | 3.6 | 3.4 |
| 38      | Hojarasca | Si      | Si       | Medio       | 14                    | 15                      | 15.1                     | 13.1 | 8.2  | 3.8                  | 3.8 | 2.5 |
| 39      | Hojarasca | Si      | Si       | Medio       | 13                    | 18                      | 12.5                     | 13.5 | 16.9 | 1.9                  | 4.6 | 3.5 |
| 40      | Hojarasca | Si      | Si       | Agua        | 12                    | 19                      | 12.6                     | 13.8 | 12.6 | 2.9                  | 4.3 | 2.8 |
| 41      | Hojarasca | Si      | Si       | Agua        | 12                    | 19                      | 12.9                     | 12.8 | 13   | 3.8                  | 4.1 | 2.9 |
| 42      | Hojarasca | Si      | Si       | Agua        | 13                    | 14                      | 13.9                     | 12.8 | 14.2 | 4.9                  | 5.9 | 3.6 |
| 43      | Hojarasca | Si      | No       | Medio       | 5                     | 17                      | 16.7                     | 18.9 | 19   | 3.6                  | 2.9 | 4.8 |
| 44      | Hojarasca | Si      | No       | Medio       | 7                     | 19                      | 17.6                     | 16.9 | 18.1 | 3.9                  | 3.6 | 4.9 |
| 45      | Hojarasca | Si      | No       | Medio       | 6                     | 17                      | 17.3                     | 17.8 | 16.4 | 3.9                  | 3.6 | 4.8 |
| 46      | Hojarasca | Si      | No       | Agua        | 8                     | 8                       | 15.9                     | 12.3 | 14.9 | 3.6                  | 2.1 | 4.9 |
| 47      | Hojarasca | Si      | No       | Agua        | 5                     | 2                       | 8.5                      | 8.9  | 10.6 | 6.8                  | 4.8 | 3.9 |
| 48      | Hojarasca | Si      | No       | Agua        | 3                     | 7                       | 12.9                     | 13.6 | 14.8 | 2.9                  | 3.2 | 2.9 |

Las otras 110 semillas fueron resultado del uso de hojarasca estéril, de las cuales 76 resultaron de la adición de bacteria, donde 39 resultaron de medio y 37 de medio con agua; las otras 34 semillas fueron resultado de la no adición de bacteria, de las cuales 18 salieron del uso de medio y 16 del uso de medio con agua.

## B. GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE CALABAZA

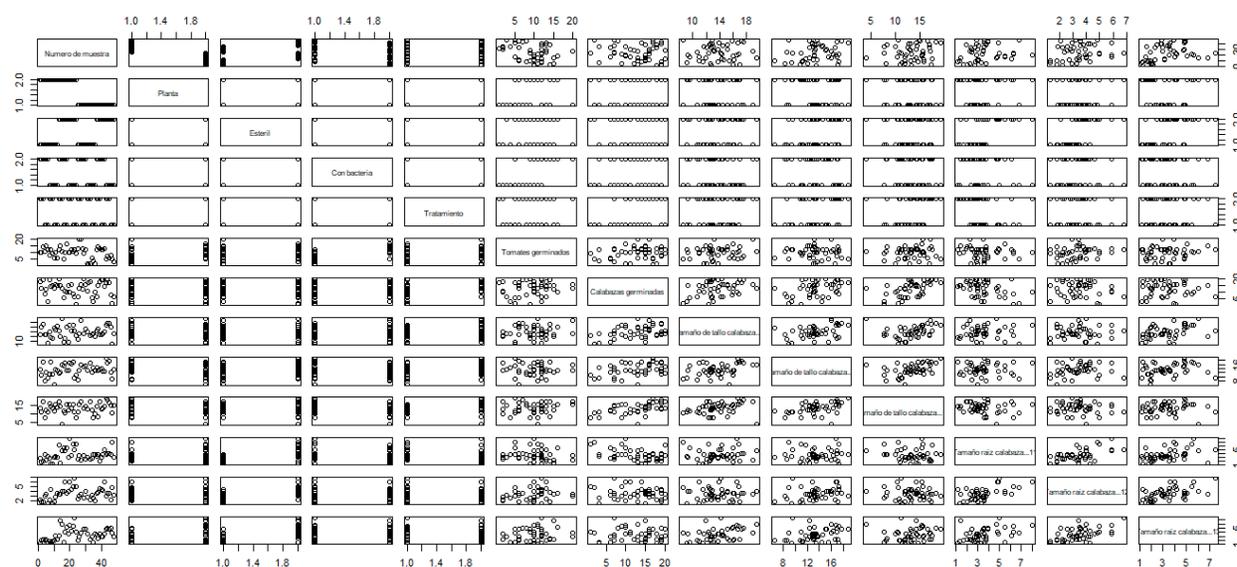
### 1) Utilización de Peat Moss

De la misma base de datos [Tabla 1], en cuanto a las calabazas, se obtuvo que, de las charolas a las que se les agregó Peat Moss, resultaron 299 semillas germinadas. 166 de las semillas germinadas resultaron a partir de Peat Moss no estéril, de las cuales 74 resultaron de la adición de bacteria, donde 50 resultaron de medio y 24 de medio con agua; las otras 92 semillas fueron resultado de la no adición de bacteria, de las cuales 48 salieron del uso de medio y 44 del uso de medio con agua. Las otras 133 semillas fueron resultado del uso de hojarasca estéril, de las cuales 75 resultaron de la adición de bacteria, donde 48 resultaron de medio y 27 de medio con agua; las otras 58 semillas fueron resultado de la no adición de bacteria, de las cuales 41 salieron del uso de medio y 17 del uso de medio con agua.

### 1) Utilización de Hojarasca

Resultaron 301 semillas germinadas. 149 de las semillas germinadas provinieron a partir de hojarasca no estéril, de las cuales 84 resultaron de la adición de bacteria, donde 36 resultaron de medio y 48 de medio con agua; las otras 65 semillas fueron resultado de la no adición de bacteria, de las cuales 46 salieron del uso de medio y 19 del uso de medio con agua. Las otras 152 semillas fueron resultado del uso de hojarasca estéril, de las cuales 82 resultaron de la adición de bacteria, donde 30 resultaron de medio y 52 de medio con agua; las otras 70 semillas fueron resultado de la no adición de bacteria, de las cuales 53 salieron del uso de medio y 17 del uso de medio con agua.

Fig. 1. Gráfica estadística de la base de datos en Rstudio.



## C. UTILIZACIÓN DE RSTUDIO

El uso de Rstudio dio como resultado una gráfica estadística [Fig.1], misma que tuvo muchas formas de ser analizada, además de esto resultó la creación de una base de datos guardada en el programa para su posterior uso.

## V. DISCUSIÓN

Al analizar los resultados de la investigación, puede rescatarse que, sobre la calabaza, las semillas obtenidas con ayuda de Hojarasca resultaron ser de mayor cantidad, en cuanto a la esterilidad, resultaron más semillas del Peat Moss no estéril, sobre la adición de bacteria, resulto que las semillas de hojarasca no estéril sin bacteria fueron mayores, finalmente la mayor cantidad de semillas germinadas fueron las obtenidas a partir de Hojarasca sin bacteria con medio. Demostrando que, comparando los resultados de las semillas de calabaza, para el Peat Moss favoreció la no esterilidad y el no añadirle *B. subtilis* y para la Hojarasca lo mejor fue la esterilidad y la adición de *B. subtilis*.

En cuanto al análisis sobre el tomate, las semillas germinadas con ayuda de Peat Moss resultó ser de mayor cantidad, en cuanto a la esterilidad, resultaron más semillas del Peat Moss estéril, sobre la adición de bacteria, resulto que las semillas de hojarasca no estéril con bacteria fue mayor, finalmente la mayor cantidad de semillas germinadas fueron las obtenidas a partir de Hojarasca con adición de bacteria con medio, por lo que en este caso se demostró que, en cuanto el Peat Moss fue mejor la esterilidad y la adición de *B. subtilis*, mientras que con la Hojarasca favoreció la esterilidad y la adición de bacteria.

Debe rescatarse que, de todas las semillas germinadas, el 44% fueron semillas de tomate y el 56% de calabaza, por lo que se puede destacar que la calabaza tuvo mayor prevalencia de germinación.

## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Puede concluirse de la investigación que, para la germinación, en efecto, *Bacillus subtilis* resultó de ayuda para el crecimiento de ambos, la calabaza y el tomate; donde predominó el crecimiento mediante las condiciones que no esterilidad y la adición de bacteria con medio.

Si bien *Bacillus subtilis* es de ayuda positiva para el crecimiento de las plantas, los factores que están involucrados en el ambiente pueden influir también en su crecimiento, planteamiento desde el cual pueden hacerse nuevas investigaciones.

RStudio es un programa que puede ser de ayuda e ir de la mano de las investigaciones biológicas próximas, ya que obtiene resultados estadísticos rápidamente, lo que ahorra tiempo; además, a partir de una base de datos archivada en el programa, la cantidad de variables que pueden obtenerse brindan la oportunidad de generar múltiples investigaciones.

## VII. AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Tecnológico de Abasolo, a la Universidad Autónoma de Aguascalientes y a la investigadora María Rico Martínez por brindarme la oportunidad de tener esta experiencia. A mis amigos y familia por brindarme su apoyo.

## REFERENCIAS

1. Mirabal Sosa, M., Robaina García, M., & Uranga Piña, R. (2010). R: una herramienta poco difundida y muy útil para la investigación clínica. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 29(2), 302–308. Obtenido de artículo del sitio Scielo: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03002010000200012](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03002010000200012) .
2. Blake, C., Christensen, M. N., & Kovács, Á. T. (2021). Molecular aspects of plant growth promotion and protection by *Bacillus subtilis*. *Molecular Plant-Microbe Interactions: MPMI*, 34(1), 15–25. Obtenido de artículo del sitio PubMed: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32986513/>
3. De Vries, A., Meys, J. (). *R for dummies*. 1 edición. Inglaterra: John Wiley & Sons, Ltd, pp.29-32.
4. Plant Growth-Promoting Soil. (2005). *Plant Growth-Promoting*. Obtenido del sitio web ResearchGate: [https://www.researchgate.net/publication/253953454\\_Bacteria\\_Plant\\_growth-promotion](https://www.researchgate.net/publication/253953454_Bacteria_Plant_growth-promotion).

5. Ortíz, R. (2015, April 9). Importar datos I - R Project. Obtenido de: <https://www.youtube.com/watch?v=wHyG5XJelag>
6. Ortíz, R. (2015, March 30). Data frame - R Project. Obtenido de: <https://www.youtube.com/watch?v=PnaHbl-qYE>
7. Ortíz, R. (2015, April 5). Gráficos básicos - R Project. Obtenido de: [https://www.youtube.com/watch?v=L\\_XNVE1HzGU](https://www.youtube.com/watch?v=L_XNVE1HzGU)

# ESTUDIO DE MATERIALES FOSFORESCENTES CON APLICACIONES EN REVELADO DE HUELLAS DACTILARES Y CRIMINALÍSTICA.

Fátima Rodríguez Esparza  
Universidad Autónoma de Aguascalientes  
Avenida Universidad # 940, C.U., 20131  
Aguascalientes, Ags.  
*al240550@edu.uaa.mx*

Carlos Eduardo Rodríguez García  
Universidad Autónoma de Coahuila  
Prof. David Berlanga S/N Edf. A Unidad  
Camporeddondo, Saltillo, Coah.  
*crodriguezgarcia@uadec.edu.mx*

Resumen — Los materiales fluorescentes y fosforescentes son una tecnología con un potencial importante para el campo de las ciencias forenses, especialmente en el análisis y recopilación de huellas dactilares, puesto que disminuyen el contraste de la superficie de donde se recaban. Uno y otro pueden ser empleados en diferentes superficies y situaciones, para lo que es necesario ampliar nuestro conocimiento en esta clase de materiales y ser críticos en la elección del medio más apropiado para nuestros estudios. El aluminato de estroncio codopado con disprosio y europio es uno de los materiales en mayor auge en la última década debido a su facilidad de obtención, precio y luminiscencia, incrementando la sensibilidad y especificidad de dichos análisis, haciéndolos más efectivos y bajo el mismo concepto, siendo capaces de mejorar la calidad de vida de los ciudadanos.

Palabras clave — Huellas dactilares, Material fosforescente, Fluorescent material, Forense, México.

Abstract — Fluorescent and phosphorescent materials play an important role in the forensic sciences, especially in the fingerprint analysis' department, that's because they lower the contrast present in the surfaces the fingerprints are recollected. One or another can be used in different situations, so it's necessary to widen our knowledge in this kind of materials and be critical in the choice of the proper medium for our study. The strontium aluminate co-doped with dysprosium and europium is one of the materials with major significance in this last decade for its obtention is an easy one, its price is low and afterglow is lasting, increasing the sensibility and specificity of the fingerprint analysis, augmenting its effectiveness and also at the same time, improving the life quality of the citizens.

Keywords — Fingerprints, Phosphorescent material, Fluorescent material, Forensics, Mexico.

## I. INTRODUCCIÓN

¿Es el hombre inherentemente malvado? Hobbes afirma que es así, remarcando el egoísmo, envidia y agresividad presentes en su naturaleza, caldo de cultivo para el crimen. Podemos rastrear el primer crimen hasta los comienzos del género Homo pero sin ir más lejos, tenemos los datos que se arrojan cada año. Por ejemplo, no es secreto que México no es uno de los países más seguros del mundo. Contrario a las creencias de muchos tampoco tiene el mérito al país con mayor número de crímenes, sin embargo no podemos demeritar el hecho de que han incrementado en los últimos años. En su pico más bajo, encontrado en Enero de 2015 se reportaron 1.354 homicidios dolosos en tanto que para Junio de 2018 se reportaron 3.074, un incremento del 127%. Encontramos un patrón similar en feminicidios con un pico de 30 casos en Febrero de 2015, incrementando a 100 en Diciembre de 2018. Así mismo, en materia de Robo Total, en Febrero de 2015 se reportaron 47.007 mientras que en Octubre de 2018 se dieron 71.288. [1] El incremento exponencial de estos números supone un escenario alarmante para la calidad de vida de los mexicanos. Es por ello que se requiere implementar nuevas tecnologías de adquisición de bioinformación o refinar las que ya disponemos para hacer frente a esto.

Una de las metodologías más primigenias en la ciencia forense es el análisis de las huellas digitales también denominado dactiloscopia, datando de finales del siglo XIX, en las que se recopila una de la escena del crimen y se compara con los sujetos presentes o sujetos que encajaran en las características definidas por testigos que tengan algún antecedente criminal. Antes de la computerización existían otras bases de datos como lo eran los repositorios de huellas digitales que se basaban en características de las huellas digitales para su organización y almacenamiento. Sistemas de clasificación de huellas como el Roscher, Juan Vucetich y el Henry se basan en la identificación del número de arcos, espirales y círculos presentes en las huellas, entre otras peculiaridades. [2, 3] Las huellas obtenidas para estos registros eran únicamente de criminales una vez aprendidos, aunque en la actualidad los registros contienen información de la población general.

¿Por qué centrarnos en huellas digitales? Las huellas digitales también conocidas como dermatoglifos, son una de las características que marca como individuo a cada humano, siendo particular incluso entre hermanos gemelos ya que las huellas dactilares nos dan información metabólica y genética de cada uno. En años recientes han sido objeto de estudio con especial escrutinio como biomarcadores para medicina en el diagnóstico precoz de enfermedades con componente genético, crónicas como es el caso de la hipertensión arterial sistémica y la diabetes mellitus tipo 2 [4] entre otras, y en la tecnología para proveer seguridad en nuestros dispositivos electrónicos. [3] Así pues dejamos huellas dactilares ahí donde toquemos cualquier superficie y esto no excluye a los criminales, por eso sigue siendo un blanco en la ciencia forense después de tantos años.

Para objeto de estudio, podemos dividir las huellas digitales en dos grupos principales, patentes o ejemplares y latentes. Las huellas ejemplares usualmente recopilan con el consentimiento activo del sujeto de estudio, como en el caso de la creación de identificación o ingresar la huella digital en un dispositivo para facilitar el manejo de datos, aunque también pueden ser dejadas en la escena del crimen al impregnar los dedos en alguna sustancia sea sangre, tierra. El otro tipo de huellas se denominan latentes, que son aquellas que el sujeto deja en sus actividades cotidianas, que pueden ser tomadas de la superficie mediante las diferentes técnicas manejadas. [2, 3] Estas huellas pueden ser obtenidas de prácticamente cualquier superficie sólida, incluyendo telas y piel viva. Las huellas patentes se recaban mediante fotografía de alta definición, con luces especiales o químicos apropiados para aumentar la claridad, donde se puedan apreciar las características.

Fig. 1. Huella dactilar con las diferentes zonas de la misma y algunos patrones.



Las huellas latentes se recopilan al esparcir polvo en una especie lisa o no-porosa. Si alguna huella aparece son fotografiadas con las mismas técnicas para las huellas patentes. Posteriormente, con una cinta especial se recolectan y se colocan sobre una carta para preservar la huella. [2]

Los polvos dactilares se categorizan en polvos metálicos, polvos magnéticos y tintes o polvos fluorescentes [5], de particular interés para este artículo. Los dos primeros se basan en la diferencia de cargas del material mismo y de los aceites producidos por la piel, por lo que una huella dejada por una mano impregnada en dichos aceites tiene más probabilidades de ser revelada con mayor detalle y definición que aquella dejada por una mano que es lavada de manera rutinaria y escrupulosa.

Los polvos y tintes fluorescentes se prefieren sobre el resto de técnicas de adquisición de huellas debido a que los polvos magnéticos y metálicos pueden llegar a contaminar la evidencia y arruinar la oportunidad de usar otras técnicas más fiables que nos dieran más información, por otro lado, los materiales fluorescentes tienen atributos ópticos especiales, mayor contraste y estabilidad. [5]

Se dice que un polvo es fluorescente cuando es capaz de emitir radiación luminosa inmediatamente después de recibir un estímulo, sea radiación UV o luz blanca, mientras que hablamos de un material fosforescente cuando aquel almacena la energía brindada por un estímulo luminoso, pudiendo seguir emitiendo radiación luminosa por un tiempo más largo. También se pueden diferenciar por los materiales involucrados en dichas reacciones, fluor para los materiales fluorescentes y fósforo para los fosforescentes.

Así pues, este proyecto tiene como objetivo comparar los polvos comerciales, fluorescentes y un material sintetizado de cero, comparando sus características en diferentes superficies sólidas, no-porosas y cuál sería el más idóneo para cada una.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

Se planeó crear  $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{EuDy}$ , sin embargo no pudimos acceder a  $\text{Dy}(\text{NO}_3)_3$ , lo cual presentó un reto que se discutirá más adelante.

Para este proyecto se emplearon los reactivos enunciados en la tabla 1. Se mezclaron de manera uniforme los reactivos sólidos en un vaso de precipitado, posteriormente fueron molidos en un mortero de cuarzo hasta obtener un polvo fino, que nuevamente fue colocado en un vaso de precipitado. Una vez hecho esto se colocaron las mezclas en un horno de inducción a  $600^\circ\text{C}$ .

Tabla 1. Reactivos a emplear y masa de cada uno en moles.

| Reactivo   | Masa de reactivos a emplear en moles. |
|--|---------------------------------------|
| $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ | 0.2814                                |
| $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$                           | 0.0324                                |
| $\text{EuNO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$            | 0.0048                                |
| Urea   | 0.1797                                |

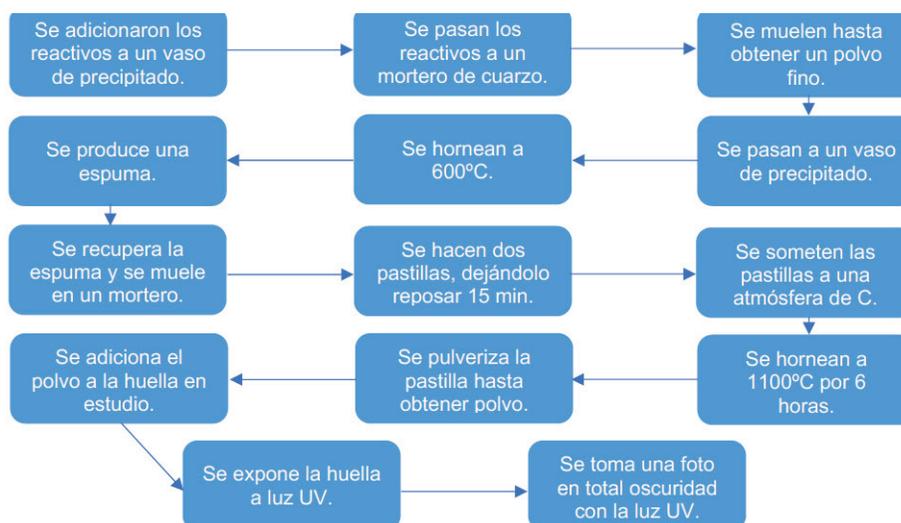
Tras este procedimiento se obtuvieron dos espumas cristalinas como se observa en la figura 3. Estas espumas ya eran capaces de reaccionar con la luz UV, dando una fluorescencia de color verde-azul tenue. Fueron trasladadas a un mortero donde fueron molidas hasta obtener un polvo fino nuevamente. Se hicieron dos pastillas de 1 gr y fueron procesadas en una atmósfera de carbón a  $1100^\circ\text{C}$  en un horno de inducción por 6 hrs.

Fig. 2. Espumas cristalinas obtenidas tras la combustión.



Se decidió conservar una de las pastillas en esa forma, mientras que la segunda fue procesada nuevamente para obtener un polvo con el cual trabajar en el revelado de huellas. Las pastillas una vez procesadas eran capaces de reaccionar con luz UV, produciendo un efecto fluorescente de corto plazo.

Fig. 3. Diagrama de flujo de la metodología realizada para obtener el polvo fluorescente.



Para el revelado de huellas, se le pidió al sujeto de estudio imprimir su huella en tres papeles aluminio, una tarjeta de crédito y un pomo de puerta. En cada papel aluminio se usó un material de revelado diferente, mientras que se empleó el material sintetizado para el resto de superficies. Estas muestras fueron observadas bajo luz blanca y luz UV, y se tomaron fotos de las mismas para mayor escrutinio.

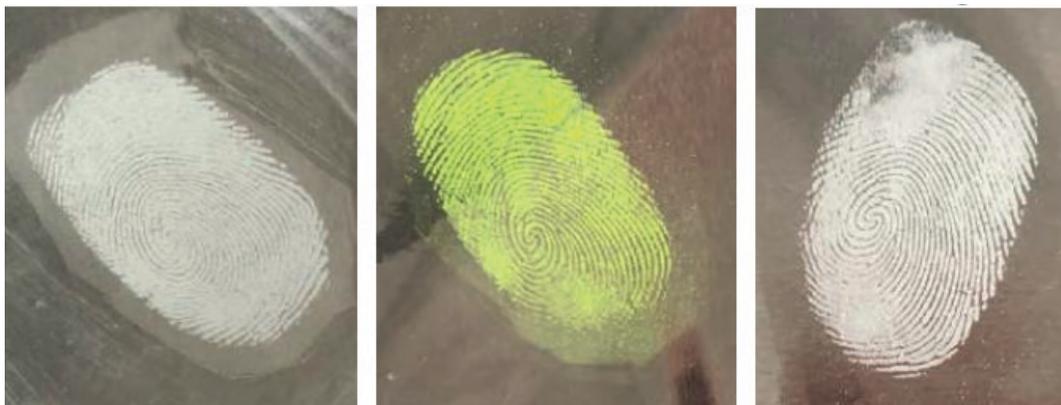
### III. RESULTADOS

Las huellas impresas en papel aluminio fueron las más detalladas y completas. La huella obtenida de la tarjeta de crédito mostró la dificultad debido a los diferentes colores encontrados en la superficie que disminuían el contraste para el estudio. Finalmente, la huella recabada en el pomo de puerta fue la más difícil de revelar debido a la curvatura de la superficie que brindaba una huella incompleta.

La huella con mayor detalle bajo luz blanca fue la revelada con el material sintetizado, seguido de la huella obtenida mediante el polvo fosforescente, sin embargo ésta tenía un halo de residuo importante que tuvo que ser removido mediante una toalla con alcohol. La huella obtenida con el material comercial fue la que se encontró tenía peor detalle y mayor acúmulo de polvo en los pliegues a pesar de remover el exceso al sacudir la hoja de aluminio.

Bajo luz UV, la huella revelada con el material fosforescente fue la más fidedigna, seguida de la huella obtenida con el material sintetizado y por último la huella tratada con el material comercial que brindaba un color muy tenue y poco contraste además de un alto acúmulo de exceso de material de revelado como se observa en la figura 3.

*Fig. 4. Huellas obtenidas tras la aplicación de los diferentes polvos en estudio.  
De izquierda a derecha: Material fosforescente, material comercial y material sintetizado.*



### IV. DISCUSIÓN

El material sintetizado fue el que permitió realizar un estudio más detallado a pesar de haber desempeñado peor en el campo de la luminiscencia. Por el lado positivo este material tenía las partículas más finas lo que facilitaba la definición de los bordes y recovecos de la huella dactilar. Ahora bien, la causa de su pobre rendimiento en la luminiscencia es la falta de disprosio.

El disprosio en conjunto con el europio intercambia y captura electrones con el resto del aluminato de estroncio, además provee mayor profundidad a la red de materiales lo que permite un mayor tiempo de esta interacción, lo que se traduce a un mayor tiempo de luminiscencia, esto debido a las trampas iónicas creadas por el dopaje. Agregado a esto el disprosio también actúa como un centro luminiscente. [6]

El europio por si solo nos permite un intercambio y captura pero en menor medida, por lo que el material tiene un efecto meramente fluorescente, es decir, de corto tiempo.

### V. CONCLUSIONES

Para la creación de un material óptimo, que arrojara mejores resultados como los observados en el resto de materiales en el laboratorio, es necesario un dopaje con un conjunto de tierras raras y no limitarnos a una sola. Un material con partículas más pequeñas, es decir, más fino, permite una mayor adherencia a los aceites de las

huellas dactilares. También, una superficie lisa y sin curvaturas es más ideal que aquellas con rugosidades o texturas agregadas.

Los materiales fluorescentes y fosforescentes en dados casos, nos permiten un análisis más profundo que no se ve limitado por el contraste de la superficie que se vaya a analizar, así pues, la mayoría de las escenas del crimen no son etéreas y lisas, presentarán un reto para el ojo humano sin ayuda de estas tecnologías.

## VI. RECONOCIMIENTOS Y AGRADECIMIENTOS

Gracias a mi alma máter, la Universidad Autónoma de Aguascalientes por la beca, a la Universidad Autónoma de Coahuila por el apoyo económico mientras nos alojábamos en la ciudad de Saltillo, Coah., al Dr. Carlos Rodríguez por abrirnos las puertas a su laboratorio con una cálida bienvenida, compartir con nosotros su conocimiento y darnos un vistazo a sus proyectos actuales, también por último y no menos importante, a los alumnos de maestría y doctorado del Dr. Rodríguez, Nelson Etafo Oshogwue, Jesús Iván Ruíz Martínez y Joshua Omar Carranza por brindarnos una mano durante este proyecto.

## REFERENCIAS

- [1] Secretariado Ejecutivo del Sistema Nacional de Seguridad Pública, SESNSP. Con información reportada por las Procuradurías Generales de Justicia o Fiscalías Generales de las 32 entidades federativas. Con fecha de publicación el 20 de mayo de 2020.
- [2] R. Whitley and D. Figarelli “A Simplified Guide To Fingerprint Analysis”, National Forensic Science Technology Center. Florida, 2012.
- [3] U.K. NCB. The forensic use of bioinformation: ethical issues. ISBN 978-1-904384-16-8. Nuffield Council on Bioethics, London, 2007.
- [4] V. Patil and D.R. Ingle. “An association between fingerprint patterns with blood group and lifestyle based diseases: a review”, Springer Nature, 2020. Disponible en <https://doi.org/10.1007/s10462-020-09891-w> [consultado en 2021].
- [5] J. Lian, F. Meng, W. Wang and Z. Zhang, “Recent Trends in Fluorescent Organic Materials for Latent Fingerprint Imaging”, *Frontiers in Chemistry*, Vol. 8, pp 995, 2020. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fchem.2020.594864> [consultado en 2021].
- [6] I. P. Sahu. “The role of europium and dysprosium in the bluish-green long lasting Sr<sub>2</sub>Al<sub>2</sub>SiO<sub>7</sub>:Eu<sup>2+</sup>, Dy<sup>3+</sup> phosphor by solid state reaction method”, *Springer Science + Business Media NY*, Vol 26, pp 7059-7072. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10854-015-3327-2> [consultado en 2021].

## ANÁLISIS A LA RADIACIÓN DEL FONDO CÓSMICO DE MICROONDAS USANDO $\Lambda$ CDM Y $\Omega$ CDM

Samuel Durán Martínez  
Universidad Autónoma de Querétaro  
Facultad de Ingeniería-Campus Aeropuerto  
Carretera a Chichimequillas s/n  
C.P. 76140, Querétaro, Qro.  
*sduran26@alumnos.uaq.mx*

Alberto Hernández Almada  
Universidad Autónoma de Querétaro  
Facultad de Ingeniería-Campus Aeropuerto  
Carretera a Chichimequillas s/n  
C.P. 76140, Querétaro, Qro.  
*ahalmada@uaq.mx*

Resumen — En este trabajo se presenta un ajuste numérico a los parámetros de dos modelos cosmológicos con el fin de estudiar la curva de anisotropía del fondo cósmico de microondas y analizar el cambio en los picos del espectro de temperatura. Los datos observados son representados con modelos de energía oscura que ajustan la curva y minimiza los parámetros, dichos parámetros se implementan en el código CLASS y al compararlos con datos del satélite Planck 2015-2018 se presentan cambios en los picos de la curva del fondo cósmico de microondas que se relacionan directamente con la cantidad de materia contenida en el universo y con el parámetro de expansión de Hubble.

Palabras clave — Modelos cosmológicos, fondo cósmico de microondas, materia oscura.

Abstract — In this work a numerical adjustment to the parameters of two cosmological models is presented in order to study the anisotropy curve of the cosmic microwave background and analyzing the change in the peaks of the temperature spectrum. The observed data are represented with a model that adjusts the curve and minimizes the parameters, these parameters are implemented and compared in the CLASS code with data from the Planck 2015-2018 satellite and changes are presented in the peaks of the curve of the cosmic microwave background in order to analyze the behavior which are directly related to the amount of matter contained in the universe and the Hubble expansion parameter.

Keywords — Cosmological models, cosmic microwave background, dark matter.

## I. INTRODUCCIÓN

A través del tiempo la humanidad ha cambiado las ideas que tienen sobre el universo, dichas ideas se ajustaban a los conocimientos que se obtenían a través del pensamiento y los instrumentos de la época. En retrospectiva con nuestros antecesores, hoy en día disponemos de instrumentos como los telescopios que nos dan información sobre las estrellas que existen en los diversos cúmulos de galaxias en el universo (Matos, 2003). Con esta información se puede estudiar el comportamiento de los objetos estelares a través de la computación con el fin de predecir el comportamiento futuro de nuestro universo.

Una evidencia observacional muy importante en cosmología es que casi todo el universo parece alejarse de nosotros y entre más lejos esté el objeto más rápido parece alejarse (Riess, y otros, 1998). Estas velocidades son medidas con el corrimiento al rojo (efecto Doppler aplicado a ondas de luz) y se estudian bajo una solución a las ecuaciones de campo de la relatividad general conocida como la ecuación de Friedmann (Liddle, 2015).

La ecuación de Friedmann es la ecuación más importante en la cosmología ya que describe la expansión acelerada del universo (Matos, 2003). Esta ecuación se plantea bajo la combinación de tres propiedades: la homogeneidad e isotropía del universo, dichas condiciones establecen que el universo se ve igual independientemente del punto observado además de que parece el mismo en todas direcciones, la tercera propiedad es el principio cosmológico, el cual es una idea que establece que no ocupamos un lugar especial en el universo ya que luce igual para quien sea y en donde sea, siempre y cuando se observe a una gran escala (Liddle, 2015).

Actualmente se han propuesto distintos modelos en base a la ecuación de Friedmann para poder explicar la curva de expansión del universo con distintas hipótesis respecto a las propiedades físicas del contenido del universo con el fin de ajustar los datos observados con los modelos teóricos planteados (Matos, 2008).

## II. MARCO TEÓRICO

En cosmología surgen dos conceptos denominados materia y energía oscura, estos conceptos se introdujeron al no poder explicar la curva de rotación de las galaxias, es una discrepancia ya que los resultados previstos no corresponden a los observados, y se concluyó que para que las galaxias tuvieran ese movimiento debería haber una cantidad enorme de materia no visible en las galaxias para que estuviera en equilibrio (Matos, 2003). Algunas evidencias de la existencia de la materia oscura es la observación de la radiación del fondo de microondas donde hay un espectro de fluctuaciones de radiación cuyos picos describen el contenido total de materia del universo (Matos, 2003). Esta materia se caracteriza por no interactuar con la materia bariónica, además no tiene carga por lo que no puede radiar energía, al no detectar una temperatura  $T$  se considera que es fría y por último no emite luz por lo que también se le conoció como materia oscura.

### A. MODELOS COSMOLÓGICOS

Históricamente la ecuación de Friedmann se derivó a partir de las ecuaciones de la relatividad general cuya ecuación de campo es dada por:

$$G_{\mu\nu} = 8\pi GT_{\mu\nu}$$

Donde  $G_{\mu\nu}$  es conocido como el tensor de Einstein que contiene implícitamente el tensor de Ricci ( $R_{\nu\mu}$ ), el escalar de Ricci ( $R$ ) y el tensor métrico  $g_{\nu\mu}$ . Por otra parte, del lado izquierdo de la igualdad se encuentra la constante de gravitación universal  $G$  y el tensor de energía-momento ( $T_{\nu\mu}$ ) (Motta, García-Aspeitia, Hernández-Almada, Magaña, & Verdugo, 2021), dichos componentes contienen información como la métrica, densidad, presión, velocidades del medio e incluso implícitamente el principio cosmológico para obtener la ecuación de Friedmann adimensional dada por:

$$E(z)^2 = \left(\frac{H(z)}{H_0}\right)^2 = \sum_i \Omega(z)_i$$

Donde  $\Omega(z)_i$  se conoce como el parámetro de densidad en función del corrimiento al rojo. Especialmente para un universo tipo FRW (métrica de Friedmann-Lemaître-Robertson Walker) (Weinberg, 1972) los modelos de energía oscura a partir de la ecuación de Friedmann toman la forma (Xu & Zhang, 2016):

$$E(z)^2 = \left(\frac{H(z)}{H_0}\right)^2 = \Omega_m(1+z)^3 + \Omega_r(1+z)^4 + (1 - \Omega_r - \Omega_m)f(z)$$

donde  $f(z)$  es una función que contiene los diferentes parámetros de cada modelo de energía oscura.

## B. RADIACIÓN DE FONDO CÓSMICO DE MICROONDAS

La observación crucial que influyó a favor de la teoría del Big Bang fue la detección de la radiación cósmica de fondo de microondas reportada en 1965. Esta radiación electromagnética baña la Tierra desde todas las direcciones, y ahora se sabe que toma con precisión la forma de un cuerpo negro con temperatura (Liddle, 2015)

$$T_0 = 2.725 \pm 0.001K$$

Es una fuente importante de datos sobre el universo temprano porque es la radiación electromagnética más antigua del universo que data de la época de la recombinación (época en la que los electrones y protones cargados se unieron para formar átomos de hidrógeno eléctricamente neutros). El fondo cósmico de microondas es una evidencia histórica del origen del Big Bang del universo, ya que cuando el universo era joven, antes de la formación de estrellas y planetas, era más denso, mucho más caliente y estaba lleno de una niebla opaca de plasma de hidrógeno. A medida que el universo se expandió, el plasma se enfrió y la radiación que lo llenó se expandió a longitudes de onda más largas. Cuando la temperatura bajó lo suficiente, los protones y los electrones se combinaron para formar átomos de hidrógeno neutros. Después de este evento los fotones comenzaron a viajar libremente a través del espacio y se conoce como desacoplamiento de fotones. Los fotones que existían en el momento del desacoplamiento de fotones se han estado propagando desde entonces, aunque se han vuelto menos energéticos, ya que la expansión del espacio hace que su longitud de onda aumente con el tiempo (Liddle, 2015). Las anisotropías de temperatura de fondo cósmico de microondas (CMB) han revolucionado y seguirán revolucionando la comprensión de la cosmología. El descubrimiento de los picos acústicos previamente predichos en el espectro de potencia ha establecido un modelo cosmológico funcional con densidad crítica que consta principalmente de materia oscura y energía oscura cuya estructura se formó a través de la inestabilidad gravitacional a partir de fluctuaciones cuánticas durante una época inflacionaria. La fenomenología y las implicaciones cosmológicas de los picos acústicos presentan oportunidades para estudiar la inflación y energía oscura (Hu & Dodelson, 2002).

## III. METODOLOGÍA

Para estudiar la expansión del universo con el uso de modelos cosmológicos y la radiación cósmica de microondas es necesario usar datos observacionales obtenidos por el satélite Planck en los años 2015 y 2018. La principal herramienta a utilizar es el lenguaje de programación Python en el cual se analizará los parámetros de los modelos cosmológicos con la librería *iminuit* (Dembinski & Ongmongkolkul, 2020) desarrollada en el CERN la cual resulta de ayuda al ajustar los datos con métodos de minimización de funciones y estimación de error en parámetros. Por otro lado, para estudiar CMB es necesario usar un código llamado CLASS (Lesgourgues, 2019) cuyo propósito es simular la evolución de perturbaciones lineales en el universo y calcular los observables de estructura a gran escala.

a) Mediante el uso de iminuit se realiza una aproximación a los parámetros de los modelos cosmológicos  $\Lambda$ CDM y  $\omega$ CDM y se ajusta los datos obtenidos (Magaña, Amante, Miguel, & Motta, 2018) con la ecuación de Friedmann de cada modelo (Xu & Zhang, 2016), el modelo  $\Lambda$ CDM es descrito por la ecuación

$$E(z)^2 = \Omega_m(1+z)^3 + \Omega_r(1+z)^4 + (1 - \Omega_r - \Omega_m)$$

Y para el modelo  $\omega$ CDM se tiene

$$E(z)^2 = \Omega_m(1+z)^3 + \Omega_r(1+z)^4 + (1 - \Omega_r - \Omega_m)(1+z)^{3(1+\omega)}$$

b) Una vez obtenido el ajuste de los parámetros  $h$ ,  $\omega$  y  $\Omega_m$  de cada modelo en iminuit compararemos los valores con los datos Planck 2015 y Planck 2018 dentro del código CLASS.

c) Por último, se compararán las diferencias de las curvas de anisotropía del fondo cósmico de microondas en CLASS, las cuales son generadas con los distintos valores de los parámetros previamente investigados y ajustados con el fin de analizar su comportamiento.

#### IV. RESULTADOS

El ajuste de los datos cosmológicos (Magaña, Amante, Miguel, & Motta, 2018) al modelo teórico viene representado por una curva de expansión representada en la figura 1 y describe una minimización de los parámetros de cada modelo, es importante mencionar que para el modelo  $\Lambda$ CDM solo hay dos parámetros en la ecuación de Friedmann los cuales son implícitamente  $h$  y  $\Omega_m$  correspondientes al parámetro de Hubble relacionado a la tasa de expansión del universo y al parámetro de densidad. Para el modelo  $\omega$ CDM los parámetros son  $h$ ,  $\omega$  y  $\Omega_m$  siendo  $\omega$  un parámetro representado con una constante en el modelo. Estos parámetros se correlacionan entre sí por lo que pueden tener distintos valores y se representan mediante contornos de verosimilitud con rangos de confianza de  $1\sigma$ - $3\sigma$  representados por la figura 2.

Figura 1: Ajuste a la curva de expansión de la función  $H(z)$  para los modelos  $\Lambda$ CDM y  $\omega$ CDM (elaboración propia).

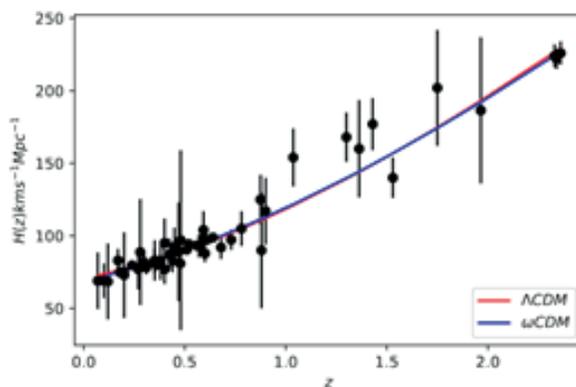
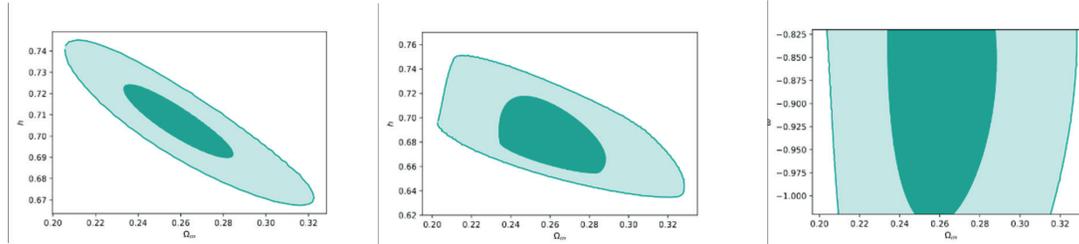
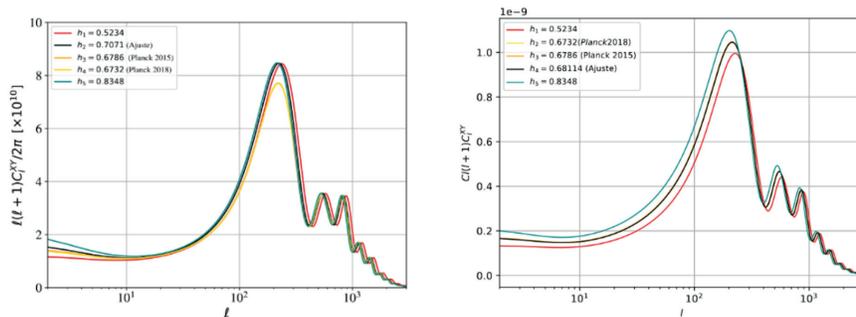


Figura 2: Contornos de confianza del 68.3% y 99.9% para el modelo  $\Lambda$ CDM (plano  $\Omega_m$ - $h$  de la izquierda) y  $\omega$ CDM (plano  $\Omega_m$ - $h$  del centro y plano  $\Omega_m$ - $\omega$  de la derecha) (elaboración propia).



Al cambiar el valor de  $h$  en la figura 3 podemos observar que las curvas se desplazan a la izquierda o a la derecha, por otra parte, la curva que se obtuvo con los parámetros ajustados mediante iminuit cambian principalmente en la altura del pico principal respecto a los picos que se obtienen del satélite Planck. Mediante el ajuste de los parámetros se obtuvo un total de 25.7651% de materia existente en el universo para el modelo  $\Lambda$ CDM y de 25.99% para el modelo  $\omega$ CDM de los cuales 5% se definió como materia bariónica y el resto como materia oscura, por tanto, a diferencia de los datos del satélite Planck (donde hay 5% de materia bariónica y 24% de materia oscura) los cambios más significativos se encuentran en los primeros tres picos. Respecto al primer pico se deduce que hay una variación pequeña en la geometría plana del universo debido al cambio de la altura del pico, por otro lado, el segundo pico y el tercer pico representan la cantidad de materia ordinaria o bariónica del universo y la materia oscura, por lo que al estar desplazada la gráfica a la derecha respecto a los datos Planck se comprueba el cambio de la materia calculado en el ajuste, dicho cambio afecta principalmente a una variación en el momento multipolar del espectro de radiación angular.

Figura 3: Curvas de anisotropía del fondo cósmico de microondas con distintos valores de  $h$  para el modelo  $\Lambda$ CDM (izquierda) y  $\omega$ CDM (derecha) (elaboración propia).



## V. CONCLUSIONES

En este proyecto se buscó cambiar los parámetros que contienen dos modelos cosmológicos para observar un cambio en la curva de anisotropía del fondo cósmico de microondas, dichos ajustes hacen que la curva del fondo cósmico se vea desplazada a hacia la derecha con un cambio en la altura de los tres picos principales los cuales representan la geometría y materia del universo. Este desplazamiento se debe al cambio simultáneo entre la materia oscura y el valor de  $h$  los cuales sugieren una variación en el momento multipolar del espectro de radiación angular el cual es una variación en la forma de medir este espectro relacionado a la temperatura.

La aproximación a los modelos  $\Lambda$ CDM y  $\omega$ CDM es efectiva ya que poseen un margen de error inferior al 10%

y el costo computacional es mínimo ya que no se usó el cómputo de alto desempeño y es relevante ya que podría servir para realizar primeras aproximaciones con otros modelos cosmológicos.

## VI. RECONOCIMIENTOS

Expreso mi agradecimiento a la Universidad Autónoma de Querétaro y a mi asesor el Dr. Alberto Hernández Almada por permitirme trabajar en este proyecto de investigación.

## REFERENCIAS

- Dembinski, H., & Ongmongkolkul, P. (2020). scikit-hep/iminuit. Zenodo. doi:10.5281/zenodo.4310361
- Hu, W., & Dodelson, S. (2002). Cosmic microwave background anisotropies. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 40(1), 171-216. doi:arXiv:astro-ph/0110414
- Lesgourgues, J. (2019). CLASS (the Cosmic Linear Anisotropy Solving System). Obtenido de [https://lesgourg.github.io/class\\_public/class.html](https://lesgourg.github.io/class_public/class.html)
- Liddle, A. (2015). *An Introduction to Modern Cosmology*. England: John Wiley & Sons.
- Magaña, J., Amante, M., Miguel, G.-A., & Motta, V. (2018). The Cardassian expansion revisited: constraints from updated Hubble parameter measurements and type Ia supernova data. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 476(1), 1036-1049.
- Matos, T. (2003). Formación de la estructura del universo. *Revista Mexicana de Física*, 49, 16-25.
- Matos, T. (2008). La materia oscura del universo: retos y perspectivas. *Revista Mexicana de Física*, 54, 193-202.
- Motta, V., García-Aspeitia, M. A., Hernández-Almada, A., Magaña, J., & Verdugo, T. (2021). Taxonomy of Dark Energy Models. *Universe*, 7(6), 163. doi:arXiv:2104.04642
- Riess, A. G., Filippenko, A. V., Challis, P., Clocchiatti, A., Diercks, A., Garnavich, P. M., & ... & Tonry, J. (1998). Observational evidence from supernovae for an accelerating universe and a cosmological constant. *The Astronomical Journal*.
- Romeu, J. A. (2014). *Derivation of Friedmann Equations*.
- Weinberg, S. (1972). *Gravitation and cosmology: principles and applications of the general theory of Relativity*. New York: John Wiley & Sons.
- Xu, Y.-Y., & Zhang, X. (2016). Comparison of dark energy models after Planck 2015. *The European Physical Journal C*, 76, 1-15. doi:<https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-016-4446-5>

## RECTIFICANDO GRAFOS CON NÚMERO DE CRUCE A LO MÁS TRES

Monica Araceli Jasso Saavedra  
 Universidad Autónoma de San Luis Potosí  
 Facultad de Ciencias  
 Av. Parque Chapultepec 1570  
 C.P. 78210, San Luis Potosí, S.L.P  
*A265048@alumnos.uaslp.mx*

César Israel Hernández Vélez  
 Universidad Autónoma de San Luis Potosí  
 Facultad de Ciencias  
 Av. Parque Chapultepec 1570  
 C.P. 78210, San Luis Potosí, S.L.P  
*cesar.velez@uaslp.mx*

Resumen — En el siguiente trabajo se presenta una explicación sobre la interpretación del número de cruce a los más tres en grafos desde la perspectiva de un estudiante, es decir, un análisis cuando no se tienen cruces, un cruce, dos cruces y tres cruces. Con el objetivo de proponer un escrito para su fácil comprensión para estudiantes de los primeros semestres de licenciatura tratando de explicar de manera más detallada los pasos que se dan por hecho en los artículos ya publicados, por ejemplo, cuando se tienen varios casos y con términos no tan abstractos.

Palabras clave — Grafos, cotas mínimas, número de cruce rectilíneo.

Abstract — In the following work an explanation is presented on the interpretation of the number of crossings to the plus three in graphs from the perspective of a student, that is, an analysis when there are no crosses, one crossing, two crosses and three crosses. With the aim of proposing a writing for easy understanding for students of the first semesters of the degree, trying to explain in a more detailed way the steps that are taken for granted in the articles already published, for example, when there are several cases and with terms not so abstract.

Keywords — Graphs, minimum height, rectilinear crossing number.

## I. INTRODUCCIÓN

Los grafos son usados con frecuencia para representar redes de comunicación o transporte, cuando se representan redes es importante conocer la existencia de caminos que recorren todas las aristas o todos los vértices y que de cierto modo sean óptimos.

Derivado de esto se plantea lo siguiente, el problema del número de cruce se refiere a encontrar el mínimo de cruces entre sus aristas donde cada cruce es la intersección de dos aristas. Teniendo un interés por representar cada arista con un segmento de línea recta, con esta restricción vuelve el problema más complejo dado que se debe rectificar el grafo y minimizar el número de cruce, se puede dibujar de muchas maneras en el plano, los cortes entre aristas pueden variar de unas representaciones a otras y en general se buscan dibujos del plano con pocos cruces como sea posible teniendo en cuenta que las aristas que se formen sea mediante líneas rectas.

El problema se reduce a determinar el mínimo número de intersecciones que aparecen cuando se rectifica un grafo en nuestro caso cuando se tiene a lo más 3 cruces.

De tal forma el objetivo es interpretar el número de cruce a lo más 3 desde la perspectiva de un estudiante y poder explicarlo de tal manera que alguien de los primeros semestres de la licenciatura al leer el escrito comprenda de mejor manera los conceptos que se abordan al revisar el número de cruce rectilíneo.

## II. MARCO TEÓRICO

### A. Teoría de Grafos

Un grafo es un conjunto de puntos y líneas conectando algunas parejas de puntos, haciendo mención explícita de dos conjuntos: el conjunto de los vértices o nodos ( $V$ ), y el conjunto de los lados, líneas o aristas ( $E$ ). se define como un par ordenado  $G=(V,E)=(V(G),E(G))$ , donde  $V$  es un conjunto no vacío de puntos del espacio [1].

Podemos decir que los vértices  $v_1$  y  $v_2$  son dos vértices vecinos, que son los extremos de un mismo lado, o que son incidentes al lado  $(v_1,v_2)$ . Los lados son adyacentes si tienen al menos un vértice en común.

En la figura 1 se muestra la representación icónica del grafo  $G$  con vértices y aristas asignados.

Los grafos no vacíos y para los cuales cualquier par de vértices están conectados por un camino en  $G$  se dicen conexos.

La representación algebraica de este grafo está dada por:

Fig. 1. Representación del grafo  $G$

$$G(V, E) = (V(G), E(G))$$

$$V = V(G) = \{v_1, v_2, v_3, v_4\}$$

$$E = E(G) = \{(v_1, v_2), (v_2, v_3), (v_2, v_4), (v_3, v_4)\}$$



### B. Número de cruce

Los dibujos de dos aristas diferentes pueden cruzarse como máximo una vez, y en ese caso la intersección es un extremo común o un cruce, además cada cruce es un punto de intersección de solo dos aristas.

El número de cruce de un grafo  $G$  se denota por  $cr(G)$  y es definido como el número mínimo de pares de aristas que se cruzan en cualquier dibujo de  $G$  en el plano. Ahora bien, si se consideran sólo los dibujos rectilíneos, se tiene que el número de cruce rectilíneo representado con  $cr_r(G)$  de un grafo  $G$ , esto es el número mínimo de pares de aristas del grafo que se cruzan en cualquier dibujo rectilíneo.

Se ha centrado en los dibujos rectilíneos de los grafos, es decir cada arista está representada por un segmento de línea recta, esta restricción es atractiva porque simplifica el problema a tomar representaciones específicas de los grafos [2].

### III. METODOLOGÍA

Se utilizan como base 3 teoremas:

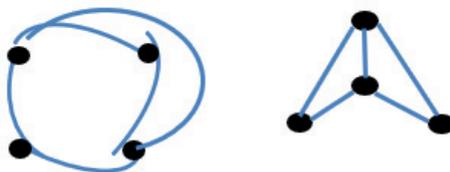
Teorema 1. Para toda  $m > k \geq 4$ , existe un grafo  $G$  con  $cr(G) = k$ , pero  $cr_r(G) \geq m$ , en otras palabras, el número de cruce rectilíneo de un grafo puede ser arbitrariamente grande incluso si el número de cruce es pequeño.

Teorema 2. Si  $cr(G) \leq 3$ , entonces  $cr_r(G) = cr(G)$ , si  $cr(G) \leq 2$ , entonces  $cr_r(G) = cr(G)$  es una de las pruebas más débiles, se plantea que cada arista se dibuje como un segmento de línea poligonal con un máximo de dos secciones (en lugar de precisamente un segmento), llamando a un dibujo de este tipo como 2-poligonal y nombrando el número de cruce resultante del grafo  $G$  por  $cr_2(G)$ .

Teorema 3. Para cualquier grafo  $G$ ,  $cr_2(G) \leq 2 \cdot (cr(G))^2$ , dado un dibujo (no rectilíneo) de  $G$  con  $m$  cruces, entonces se puede construir un dibujo 2-poligonal con al menos  $2m^2$  cruces.

El teorema 1 se omitirá en cierta parte debido a que el objetivo es rectificar los grafos y verificar el mínimo número de cruces y el teorema aborda las curvas que no son líneas rectas. Considerar el teorema de Fary con el objetivo de comprender el número de cruce mínimo sobre la representación en línea recta de los grafos planos, siempre que el grafo no contenga dos aristas que unan los mismos nodos, si hay un dibujo sin cruces entonces hay un dibujo rectilíneo sin cruces que se puede ver en la figura 2.

Fig. 2. Representación de un dibujo rectilíneo sin cruces



### IV. RESULTADOS

Con la finalidad de explicar términos omitidos en los teoremas se interpreta lo siguiente:

Considerar cómo se mueven los vértices para que quede de tal forma que no queden cruces, además triangular hace referencia a formar triangulaciones por tres puntos no necesariamente líneas rectas desde un inicio como se muestra en la figura 3.

Por el teorema de Fary al tener el grafo  $G$  se toma por inducción implica triangular sin cruces, eliminar vértices y agregarlos a grandes rasgos, pero esto implica desde el caso base cuando es 1 después cuando se tiene  $n-1$  vértices y finalmente con  $n$  vértices, nuestra hipótesis va sobre triangulaciones [3].

Dado el lema 4. Sea  $G$  un grafo triangulado simple que tiene al menos cuatro nodos. Si  $P_1, P_2, \dots, P_k$  son todas las aristas que parten de  $P$ , en su orden cíclico, entonces las aristas  $P_1 P_2, P_2 P_3, \dots, P_k P_1$ , están contenidas en  $G$  y forman un circuito  $C_P$  que separa a  $P$  de cualquier otro vértice de  $G$  que muestra en la figura 4.

Es importante resaltar en el lema 5, se hace por inducción eliminar a  $P$  para que el número de vértices disminuya al ser mencionado el término que quede “vacío” hace referencia a también eliminar el punto  $P$  por paso de inducción.

De acuerdo con el lema 3, se debe tener en cuenta que es la intersección de dos semiplanos, dado  $G^*$  simple se plantea por hipótesis desde su representación en dibujo (representación icónica) a su representación abstracta (representación simbólica) se tienen las representaciones de una región convexa de  $K^2$ , teniendo un punto no abordado qué pasa con el semiplano que forman  $P_k$  y  $P_{k-1}$ , y el semiplano que forman  $P_{k-1}$  y  $P_{k-2}$ , se realiza su análisis en la figura 5.

Fig. 3. Triangulación de puntos en un grafo

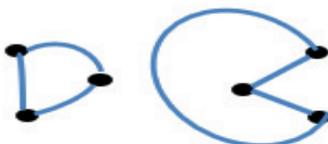


Fig. 4. Representación del lema 4 con el grafo original  $G$

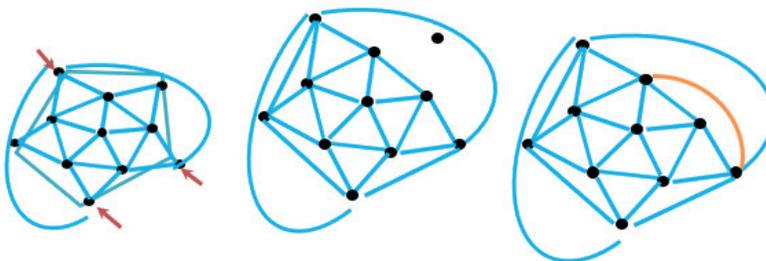
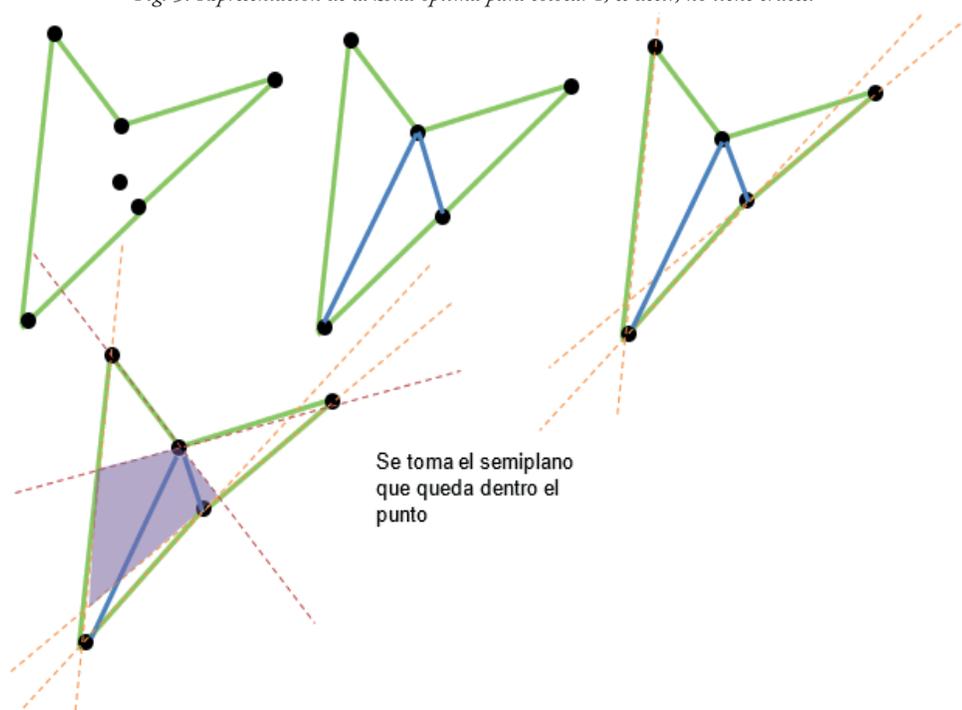
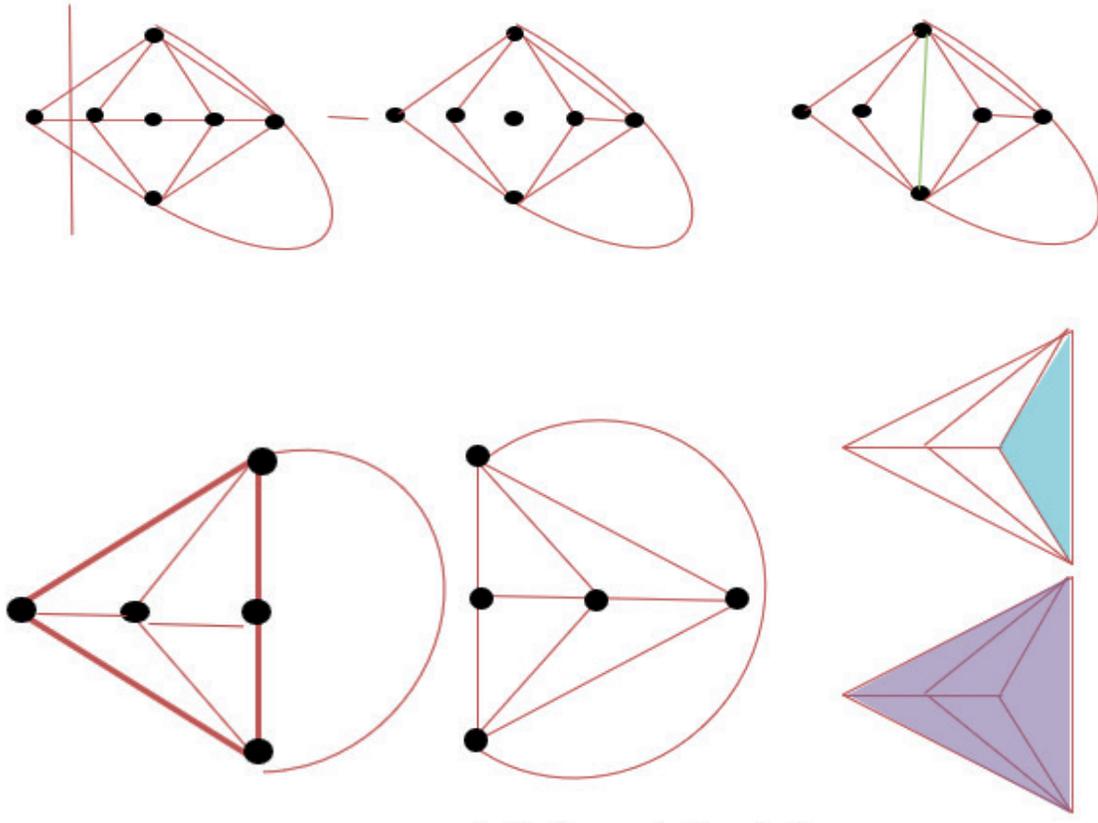


Fig. 5. Representación de la zona óptima para colocar  $P$ , es decir, no tiene cruces.



Ahora bien, si el grafo no es simple se plantea que al tener un grafo donde dos vértices están conectados por dos aristas véase figura 6.

Fig. 6. Representación de un grafo  $G^*$  no simple



El tener un grafo 2-cortes restringe el grafo a eliminar 2 vértices quedando 2 piezas.  $G$  es  $k$ -conexo si al eliminar 1, 2 o hasta  $k-1$  vértices (y sus respectivas aristas) el grafo resultante es conexo. Si  $G$  es  $k$ -conexo, al remover  $k$  o más vértices no necesariamente quedan dos o más componentes (pedazos). El Homeomorfismo se refiere a que se puede enchuecar, implica biyectividad, es decir, es inyectiva, 2 puntos distintos van a puntos distintos y sobreyectiva a cada punto de la curva le corresponde uno de la recta.

## V. CONCLUSIONES

En esta interpretación se realizó una lectura de artículos relacionados con el número de cruces en grafos con la rectificación de los grafos tratando de minimizar el número de cruces a lo más tres, el cual relaciona los teoremas de manera abstracta a su representación con dibujos. Con la finalidad de proponer un escrito más fácil de comprender para otros estudiantes de los primeros semestres de universidad, con términos menos abstractos. Los grafos obtenidos ayudan a la comprensión de los conceptos.

## VI. RECONOCIMIENTOS

Agradezco a la universidad Autónoma de San Luis Potosí por la oportunidad de participar en la estancia del verano y por el apoyo de los doctores en ayudarme a comprender los conceptos.

**REFERENCIAS**

- [1] Menéndez Velázquez, A. “Una breve introducción a la teoría de grafos”. Suma.1998.
- [2] Viafara Chanchi, J. Número de cruce rectilíneo (Master’s thesis, Tesis (MC)--Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN Departamento de Matemáticas), 2019.
- [3] I. Fáry, On straight line representation of planar graphs. Acta Univ. Szeged Sect. Sci. Math pp. 229-233, 1948.
- [4] Bienstock, D., & Dean, N. Bounds for rectilinear crossing numbers. Journal of Graph Theory, 17(3), pp. 333-348, 1993.

# ESTUDIO DE MATERIALES FOSFORESCENTES CON APLICACIONES EN REVELADO DE HUELLAS DACTILARES Y CRIMINALÍSTICA

Ana Paloma García Razo  
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato  
Silao-Irapuato km 12.5 El Copal, 36821  
Irapuato, Gto.  
*LIS18111263@irapuato.tecnm.mx*

Carlos Eduardo Rodríguez García  
Fac. de Ciencias Físico Matemáticas, Universidad Autónoma de Coahuila  
Prol. David Berlanga S/N Edif. A. Camporredondo,  
Saltillo Coahuila.  
*crodriguezgarcia@uadec.edu.mx*

Resumen — La localización de huellas latentes es especialmente difícil cuando se encuentran sobre algunas superficies porosas (por ejemplo, papel, metales, plástico, entre otros). Para detectar las huellas dactilares en dichos materiales es necesario utilizar reactivos muy sensibles a algún componente de la huella y que formen derivados colores para que su visualización sea factible con luz visible o a bajas emisiones de luz UV. Para solucionar el problema en el revelado de huellas dactilares en materiales porosos se ha pensado emplear reactivos fluorescentes.

Según los resultados obtenidos en las condiciones de este estudio, se puede afirmar que los reactivos fluorescentes para huellas dactilares son útiles sobre las superficies porosas oscuras o multicolores.

Palabras clave — Fluorescente, huellas dactilares, luz UV. Abstract — The location of latent fingerprint is especially difficult when they are on some porous surfaces (for example, paper, metals, plastic, among others). To detect fingerprints on these materials, it is necessary to use reagents that are very sensitive to some component of the fingerprint and that form color derivatives so that their visualization is feasible with visible light or at low UV light emissions. To solve the problem in the development of fingerprints in porous materials it has been thought to use fluorescent reagents. Based on the results obtained under the conditions of this study, it can be stated that fluorescent reagents for fingerprints are useful on dark or multi-colored porous surfaces.

Keywords — Fluorescent, fingerprints, UV light.

## I. INTRODUCCIÓN

Los materiales luminiscentes (o fósforos), en su mayoría son materiales inorgánicos sólidos que consisten en una red huésped, generalmente dopada intencionalmente como los iones de tierras raras, que están presentes en concentraciones relativamente bajas (unos pocos moles por ciento o menos). La absorción de energía tiene lugar a través de la red del huésped o en las impurezas.

Los materiales luminiscentes se aplican ampliamente. Las principales aplicaciones son en pantallas emisoras, lámparas fluorescentes y LED y sistemas para detectar rayos X o rayos  $\gamma$ , por ejemplo, utilizados en imágenes médicas. En este último tipo de aplicaciones, los materiales luminiscentes son excitados por fotones con alta energía, y parte de la energía de excitación se utiliza para crear luz visible [1].

Los materiales luminiscentes son capaces de emitir luz, sin efectos de calentamiento, en respuesta a un estímulo [2]. Diferentes estímulos, por ejemplo, la exposición a la luz, el aumento de temperatura o la aplicación de una corriente eléctrica, causan diferentes tipos de luminiscencia. Absorben la luz en una cierta longitud de onda (generalmente UV) y emiten luz en otra longitud de onda (generalmente luz visible). Hay dos tipos de fotoluminiscencia: fluorescencia y fosforescencia. La luz fluorescente detiene su emisión inmediatamente después de la eliminación de la fuente de luz, así como también emite luz en frío de forma espontánea la cual es independiente de la temperatura y tiene una duración media del resplandor del orden menor a  $1 \times 10^{-6}$  s, mientras que la luz fosforescente puede continuar durante horas pues su tiempo es mayor a  $1 \times 10^{-6}$  s y esta a su vez depende de la temperatura, almacena energía y la libera paulatinamente como fotones.

Figura 1: Tipos de luminiscencia dependiendo de la energía utilizada. [3]



## II. MARCO TEÓRICO

La huella dactilar es la estructura formada en la yema de los dedos por las crestas papilares. Esta estructura es única para cada persona y a su vez es una característica que se utiliza como medio de identificación de las personas, está compuesta por 99% de H<sub>2</sub>O, mezcla de Cl, P, Na y 1% es grasa o lípidos; la grasa en este caso es la que se queda por más tiempo y los lípidos comprendidos en una HDL.

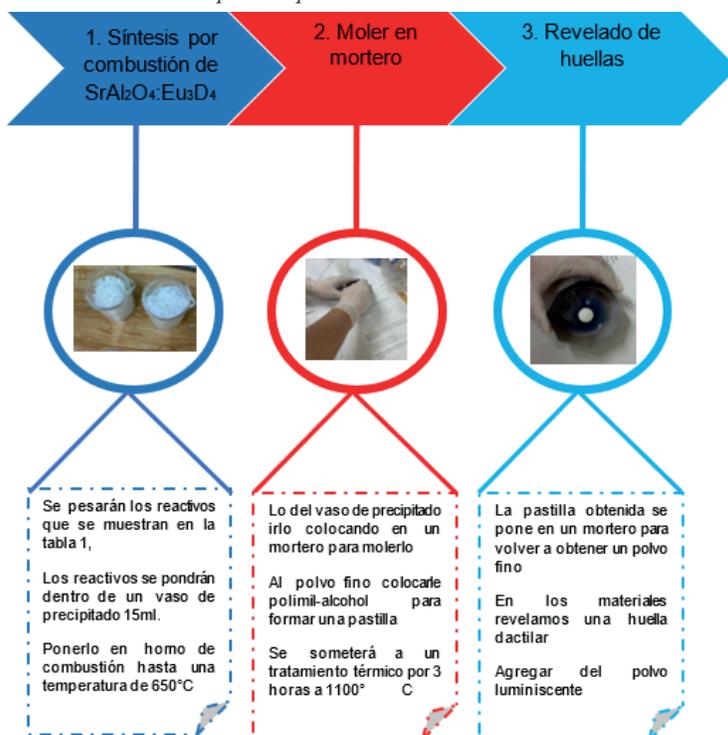
El revelado de huellas dactilares desde el siglo XIX sigue siendo la pista más importante para identificar a un delincuente, para esto las huellas latentes “invisibles” a simple vista bajo la luz ordinaria son las que dejan los pulpejos de los dedos, las palmas de las manos y las plantas de los pies sobre cualquier objeto pulido con que se tenga contacto o con un simple roce de los dedos, pero estas se pueden hacer visibles espolvoreándolas con productos químicos o con una fuente de luz alternativa [4,5].

Los materiales utilizados en el revelado de huellas dactilares dependen mucho de la capacidad del reactivo para teñir los componentes en este caso los más usados son el polvo negro, humo de Cianocrilato y polo blanco; existen datos que revelan que las huellas latentes que han sido reveladas con polvos, se les puede transportar y manipular mejor para su estudio de investigación y comparativo, evitando que se tengan que transportar los objetos en donde se encontró impresos.

## III. MATERIALES Y MÉTODOS

Para la creación del material luminiscente que se aplicará en el revelado de huellas es necesario implementar 3 etapas en su elaboración y para así poderlo obtener. A continuación, se mostrarán dichas etapas con los materiales utilizados y los pasos a seguir (ver figura 2).

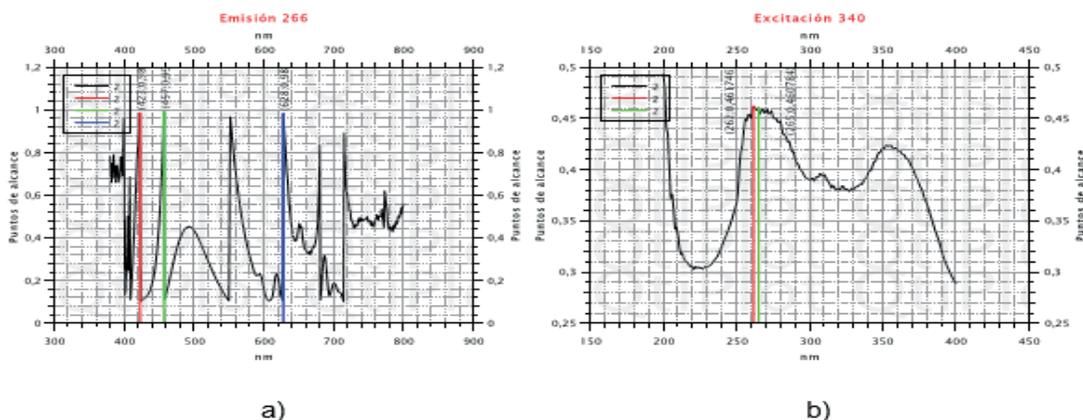
Figura 2: Aquí se pueden observar las 2 etapas que se requieren para hacer el material luminiscente, así como en el último paso se explica cómo hacer el revelado de huellas dactilares.



#### IV. RESULTADOS

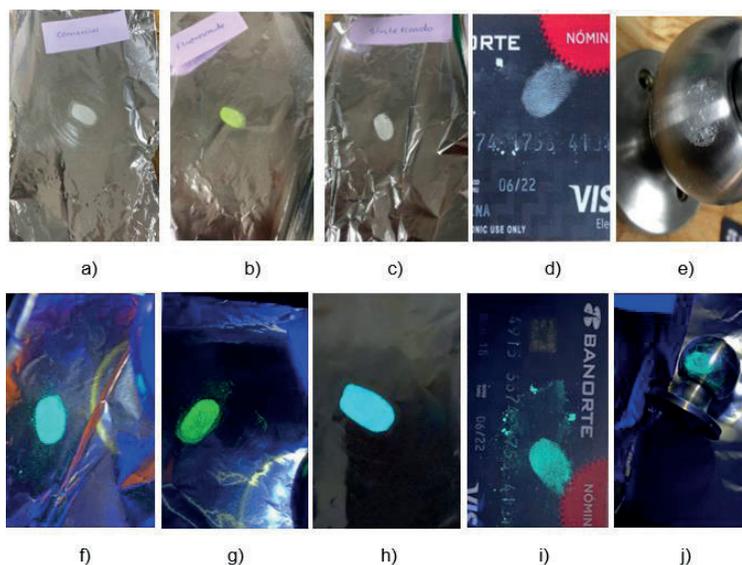
Con la finalidad de observar el comportamiento de los materiales luminiscentes se realizó el graficado de los datos obtenidos de emisión y excitación del material como se muestra en la figura 3, apoyándonos con esto a saber el color que emite.

Figura 3: En imagen a) se muestra la emisión a 266 nm en colores rojo, verde y azul se muestran los puntos máximos; mientras que en la imagen b) se muestra la excitación a 340 nm que nos dice que nuestro material emite luz verde a 493 nm, en colores rojo y verde se observan sus puntos máximos o en el que el material tendrá mayor resplandor.



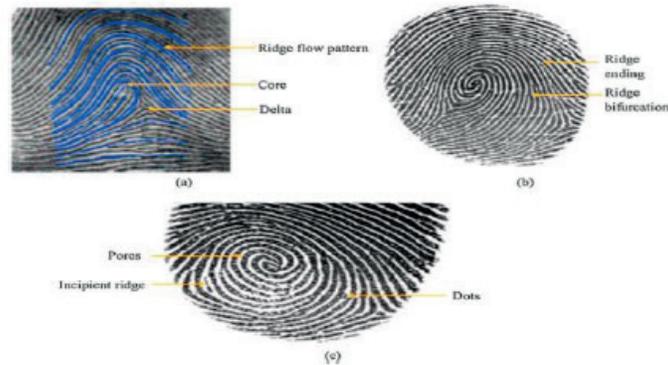
Después de observar el comportamiento que tuvo nuestro material luminiscente lo pusimos a prueba y comparamos con materiales que ya se encuentran dentro del mercado y que actualmente son utilizados así que fueron reveladas algunas huellas en diferentes superficies como fueron papel aluminio, la manija de una puerta y una tarjeta de crédito en donde se aplicó material fluorescente, comercial y sintetizado (ver figura 4).

Figura 4: a) Revelado de huella dactilar usando un material luminiscente comercial. b) Revelado de huella dactilar usando un material fluorescente. c) Revelado de huella dactilar usando un material luminiscente sintetizado. d) se observa una huella dactilar revelada en una tarjeta de crédito usando un material luminiscente sintetizado. e) Huella dactilar revelada en la manija de una puerta usando un material luminiscente sintetizado. En los incisos f), g), h), i) y j) se observan las mismas imágenes que en la parte superior pero dentro de un cuarto oscuro y con luz UV.



Para conocer las partes del revelado de huellas es importante saber cómo se componen (ver figura 5).

Figura 5: Características de huellas dactilares (a) Nivel 1, (b) Nivel 2, (c) Nivel 3. [6]



## V. DISCUSIÓN (O ANÁLISIS DE RESULTADOS)

En base a los resultados obtenidos nuestro material luminiscente sería de color verde puesto que este emite en 493 nm, se comienza a excitar en 340 nm y se optimiza en 266 nm como se muestra en la figura, comparando con el material luminiscente color azul analizado en el artículo el nanofosforo emitió luz azul a 447 nm bajo excitación de 245 nm por eso es que se descarta que sea trate del material del mismo color, esto se debe a que cantidades de materiales variaron y a su vez en la elaboración faltó el reactivo Disprosio el cual apoya a la emisión de luz en el material.

## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este proyecto se implementó la aplicación de materiales luminiscentes en el revelado de huellas latentes puesto que algunas superficies fluorescentes donde se encuentra la huella dactilar pueden emitir luz bajo excitación UV. Es importante mencionar que los fósforos fluorescentes ofrecen ventajas sobre los materiales fosforescentes para la detección de huellas dactilares, tales como: mejor contraste, nitidez y alta calidad de las imágenes.

Los resultados obtenidos muestran un buen desempeño puesto que el material luminiscente tuvo una emisión a 493 nm lo que nos dice que es apto para usarlo en el revelado de huellas y que su elaboración sería factible para el uso en el área de criminalística siendo así que en algunos años podría sustituir a los polvos comerciales que hoy en día se utilizan.

## VII. RECONOCIMIENTOS (O AGRADECIMIENTOS)

Quiero agradecer principalmente al Dr. Carlos Eduardo Rodríguez García por darme la oportunidad de ser parte del proyecto así como también habernos brindado el apoyo durante la estancia en la UADEC, así como a Nelson, Iván y Joshua por compartirme de su conocimiento haciendo que mi verano fuera más interesante y a su vez divertido, por último y no menos importante quiero agradecer a mis compañeras Fátima y Fernanda por brindarme de su apoyo incondicional y conocimiento sé que en algún momento estaremos trabajando sobre algo más.

**REFERENCIAS**

- [1] Oshogwue, N., Rodríguez, C., Fraga, J. & Oliva, J (2021). Phosphors oxide materials for white light emitting diodes: a short review. *Tlahuizcalli*, 7(19), 6-11. <https://sites.google.com/site/eaecbpublicaciones/>.
- [2] Dorenbos, P. 2005. Mechanism of persistent luminescence in  $\text{Eu}^{2+}$  and  $\text{Dy}^{3+}$  codoped aluminate and silicate compounds. *Journal of the Electrochemical Society*, 152(7): H107--H110.
- [3] B. Stojanović, O. Marques, A. Nešković, Latent overlapped fingerprint separation: a review, *Multimed. Tool. Appl.* 76 (2017) 16263–16290, <https://doi.org/10.1007/s11042-016-3908-y>.
- [4] N. Singla, M. Kaur, S. Sofat, Automated latent fingerprint identification system: a review, *Forensic Sci. Int.* 309 (2020) 110187, <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2020.110187>.
- [5] Eugene HECHT, Óptica, tercera edición, ADDISON WESLEY, 2000. pp 73-80.
- [6] C. Huynh, J. Hal'amek, Trends in fingerprint analysis, *TrAC Trends Anal. Chem. (Reference Ed.)* 82 (2016) 328–336, <https://doi.org/10.1016/j.trac.2016.06.003>.

El presente volumen fue editado por el Departamento Editorial del Instituto Tecnológico Superior de Monclova en el marco del Verano de la Ciencia de la Región Centro 2021. Su edición es digital para su descarga y lectura gratuita en línea. El registro ISBN se encuentra en trámite.