



Descubriendo mi Talento 2023



D. R. 2024. *Descubriendo mi Talento 2023*. Elda Isaura España Gamboa, Luis Orlando Polanco Vásquez, Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C.

Esta obra debe citarse de la siguiente forma:

España Gamboa, E. I., & Polanco Vásquez, L. O. (Comps.). (2024). *Descubriendo mi Talento 2023*. Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C.

En el caso de capítulos:

Apellidos de autor(es), Iniciales de autor(es) del capítulo. (2024). Título del capítulo. En E. I. España Gamboa, & L. O. Polanco Vásquez (Comps.), *Descubriendo mi Talento 2023* (1era. Ed., pp. xxx-xxx). Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C.

La reproducción o traducción de esta obra requiere el permiso escrito de la institución que la edita. Pueden reproducirse sin autorización pequeños fragmentos del texto y figuras aisladas, siempre que se den los créditos correspondientes.

© Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. (CICY)
Calle 43 #130 x 32 y 34, Col. Chuburná de Hidalgo.
C. P. 97205. Mérida, Yucatán, México.
Tel. (999) 942-8330

Centro Público de Investigación del Sistema Conahcyt

ISBN: 978-607-7823-57-5

Primera edición: marzo del 2024.

Coordinador editorial: Julio César Domínguez Orta.

Cuidado editorial: Miguel Gibrán Román Canto.

Diseño editorial: Norma Marmolejo Quintero.

Hecho en México



Descubriendo mi Talento 2023

Elda Isaura España Gamboa

Luis Orlando Polanco Vásquez

Compiladores



CONAHCYT
CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES
CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS





Comité organizador Talento CICY 2023

M. S. C. Rosaura Lorena Martín Caro
Directora de Planeación y Gestión (CICY)

L. C. C. Erika Gabriela Cano León

M. C. Benjamín Delgado Pech

L. C. C. Julio César Domínguez Orta

Dra. Elda Isaura España Gamboa

M. C. M. Fanny Margarita de Gante Ayora

I. I. A. Wilma Aracely González Kantún

Ing. Cinthia Mariana Madera González

L. D. P. Norma Marmolejo Quintero

Dr. Luis Orlando Polanco Vásquez

L. C. C. Miguel Gibrán Román Canto

Dr. César de los Santos Briones

Dra. Rita del Rosario Sulub Sulub

L. D. G. Silvia Vergara Yoisura



Grupo Académico de Evaluación Externa

Dr. Tomás Alberto García Calva
Profesor investigador
Universidad de Guanajuato

Dra. Érida Gastélum Martínez
Investigadora
Centro de Investigación y Asistencia en
Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco

Dr. Freddy Segundo Navarro Pineda
Profesor investigador
Universidad Autónoma de Yucatán

Dr. Andrés Iván Oliva Avilés
Profesor investigador
Universidad Anáhuac Mayab

Dr. Aramis Olivos Ortiz
Profesor investigador
Universidad de Colima

Dr. Rafael Antonio Rojas Herrera
Profesor investigador
Universidad Autónoma de Yucatán

Dr. Jesús Antonio Santos Tejero
Profesor investigador
Instituto Tecnológico Superior
de Valladolid

M. C. Hermila Andrea Ulibarri Benítez
Profesora investigadora
Tecnológico Nacional de México/Instituto
Tecnológico de Mérida

Dr. Sergio Valdivia Rivera
Investigador por México del Conahcyt
Centro de Investigación y Asistencia en
Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco



Autores y autoras

Dr. Gilberto Acosta González
Dr. Fulgencio Alatorre Cobos
Dr. Jesús Alvarado Flores
M. C. Jewel Nicole Anna Todd
Biól. Maricruz Evangelina Arcique Pech
C. D. Paola Hasibe Azueta Aguayo
Dr. José Adán Caballero Vázquez
Dra. Luz María Calvo Irabien
Dr. Gonzalo Canché Escamilla
Dra. Karla Gisel Carreón Anguiano
Dr. Juan Valerio Cauich Rodríguez
Dr. José Manuel Cervantes Uc
Biól. Leonela Chávez Flores
M. E. R. Santiago Duarte Aranda
Ing. Luis Édgar Espinoza Castillo
Dra. Georgina Estrada Tapia
Dr. Iván Forero Sandoval
Ing. Geól. Héctor Rumaldo García Castillo
M. C. Tania Paulina Gil Cortés
M. C. José Rufino Gómez Tah
Ing. Karina Elizabeth González Muñoz
M. C. María Inés Granados Alegría
Q. F. B. Rosa Grijalva Arango
Dra. Fabiola Azucena Gutiérrez Mejía
M. C. Luis Carlos Gutiérrez Pacheco

M. C. Luis Ángel Hernández Martínez
Dr. José Luis Hernández Stefanoni
Dr. Ignacio Islas Flores
Dra. Ángela Francisca Ku González
M. C. Jorge Carlos Peniche Pérez
M. C. Víctor Alexis Peña Lara
Ing. José Luis Quijano Mendoza
Ing. Geól. Argentina Rabago Castro
Dra. Nayeli Rodríguez Fuentes
Est. Johana Marisol Rodríguez Ortiz
M. C. Lucila A. Sánchez Cach
Dra. Ivonne Sánchez del Pino
M. C. Lucila Aurelia Sánchez-Cach
Dr. César de los Santos Briones
L. T. Antonio Iván Solís Nava
M. C. Fernando Tun Dzul
M. C. Miguel Alonso Tzec Simá
Biól. María Teresa Urbina Hidalgo
Q. I. Rossana Faride Vargas Coronado
Dra. Claudia Vásquez López
Lic. Silvia Vergara Yoisura
M. C. Sara Elena Vila Luna
Lic. Saraí Vivas López
Dr. Andrés Xingú López



Contenido

9 **PRÓLOGO**

10 **PREPARATORIA**

11 **1P**
**Ciencia colorida:
identificando el ADN**
M. C. Luis Carlos Gutiérrez Pacheco
M. C. Lucila A. Sánchez Cach
Dra. Ángela F. Ku González
Dr. Fulgencio Alatorre Cobos

26 **2P**
**Hongos vs. hormigas:
elaboración de un
bioinsecticida**
M. C. Miguel Alonso Tzec Simá
Lic. Saraí Vivas López
M. C. María Inés Granados Alegría
Dr. Ignacio Islas Flores

43 **3P**
**Ludiplancton:
investiga, crea y juega**
Biól. Leonela Chávez Flores
Biól. María Teresa Urbina Hidalgo
Dr. Jesús Alvarado Flores

56 **4P**
**Observando el manglar
desde el espacio**
Ing. Karina Elizabeth González Muñoz
M. C. Víctor Alexis Peña Lara
M. C. Luis Ángel Hernández Martínez
M. C. Fernando Tun Dzul
Dr. José Luis Hernández Stefanoni



10 SECUNDARIA

76 1S **Las plantas: sus aromas y sus beneficios**

Dra. Luz María Calvo Irabien
Lic. Silvia Vergara Yoisura
Q. F. B. Rosa Grijalva Arango

90 2S **Biotecnología para todos y todas: usos cotidianos**

Dr. César de los Santos Briones
M. C. José Rufino Gómez Tah
M. C. Sara Elena Vila Luna
M. C. Jewel Nicole Anna Todd
Dra. Karla Gisel Carreón Anguiano

101 3S **El futuro es verde: las plantas medicinales y los materiales dentales**

C. D. Paola Hasibe Azueta Aguayo
Q. I. Rossana Faride Vargas Coronado
Dra. Fabiola Azucena Gutiérrez Mejía
Dra. Claudia Vásquez López
Dr. Juan Valerio Cauich Rodríguez

123 4S **Microplásticos, un macrodesafío**

M. C. Tania Paulina Gil Cortés
Ing. José Luis Quijano Mendoza
Ing. Luis Édgar Espinoza Castillo
Dra. Ángela Francisca Ku González
Dr. José Manuel Cervantes Uc
Dra. Nayeli Rodríguez Fuentes

146 5S **Mi primera libreta artesanal: reciclando envases multilaminados**

Dr. Gonzalo Canché Escamilla
M. E. R. Santiago Duarte Aranda
Dr. Iván Forero Sandoval

163 6S **Microplásticos: amenaza invisible en nuestro entorno y en la vida silvestre**

Biól. Maricruz Evangelina Arcique Pech
Ing. Geól. Argentina Rabago Castro
Ing. Geól. Héctor Rumaldo García Castillo
Dr. Gilberto Acosta González
Dr. José Adán Caballero Vázquez
M. C. Jorge Carlos Peniche Pérez

176 7S **Los hongos del jardín**

M. C. Lucila Aurelia Sánchez-Cach
Dra. Georgina Estrada Tapia

188 8S **Xtes: alegría en tu vida para una mejor nutrición**

Dra. Ivonne Sánchez del Pino
Dr. Andrés Xingú López
L. T. Antonio Iván Solís Nava
Est. Johana Marisol Rodríguez Ortiz



Prólogo

Descubriendo mi Talento 2023

Motivar a la juventud a conocer la ciencia desde diversas perspectivas y alternativas, es uno de los propósitos de este libro, cuyo objetivo radica en incentivar la vocación científica en las y los estudiantes de secundaria y preparatoria, principalmente.

Aunque este libro también está diseñado para toda aquella persona que sienta curiosidad o interés en conocer sobre la ciencia y divertirse con las decenas de experimentos que contiene.

Basta con hojear y elegir alguno de los 12 proyectos científicos para explorar nuevos conceptos, desarrollar habilidades de investigación y poner manos a la obra con experimentos accesibles y fáciles de realizar.

El contenido de este libro es el resultado de la recopilación de proyectos científicos que

fueron cursados por jóvenes participantes del programa Talento CICY, quienes visitaron los laboratorios del Centro de Investigación Científica de Yucatán y vivieron la experiencia de ser científicos y científicas.

Estos proyectos también se diseñaron para ser replicados en las aulas con la asesoría de docentes; en total, en 2023, más de 4800 jóvenes realizaron los proyectos de los libros de Talento CICY 2021 y 2022 y ahora ¡es tu turno!

Deseamos que disfrutes el libro y lo compartas con más personas para que descubran lo divertida que puede ser la ciencia o, quizá, para que **¡descubran su talento!**

**Comité organizador
Talento CICY 2023**

Este libro es producto del programa de fomento a las vocaciones científicas **Talento CICY 2023**, del Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C., un centro de investigación del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (Conahcyt).

Descubriendo mi Talento 2023



Preparatoria



CONAHCYT
CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES
CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS



CICY



1P

Ciencia colorida: identificando el Δ ADN

M. C. Luis Carlos Gutiérrez Pacheco

M. C. Lucila A. Sánchez Cach

Dra. Ángela F. Ku González

Dr. Fulgencio Alatorre Cobos

Unidad de Biología Integrativa

Descripción

Las y los participantes percibirán cómo podemos visualizar el **ADN** empleando materiales que tenemos en casa o que se pueden conseguir fácilmente en supermercados y papelerías. Aprenderán cómo extraer ADN y visualizarlo con **electroforesis** a partir de materiales comunes y cotidianos.

Objetivo general

Conocer las técnicas para extraer el ADN y los métodos para su análisis con materiales cotidianos.



Materias afines

- Biología.
- Física.
- Química.

¿Qué vas a aprender?

- Extraer ADN de una fuente vegetal.
- Preparar una electroforesis para visualizar el ADN.



Preguntas iniciales

- ¿Conoces qué es el ADN y para qué sirve?
- ¿Sabes cómo extraerlo y visualizarlo?



PANORAMA GENERAL DEL TEMA

El ácido desoxirribonucleico (ADN) es una **molécula**. ¿Y qué significa esto? Se trata de un conjunto de átomos ordenados y pegados entre sí, que conforman la unidad más pequeña posible de cualquier sustancia. En el caso de la molécula de ADN, los átomos están colocados de manera que parecen componer una escalera en forma de espiral.

Para entender cómo funciona el ADN, podríamos pensar en él como el mapa de un ser vivo que aclara y permite descifrar su estructura. La escalera de la que hablamos antes está formada por pequeños «escalones» o bases. Estos peldaños serían los diferentes productos químicos que lo

componen: adenina, guanina, timina y citosina. (A, G, T y C). Los escalones se van combinando unos con otros, dando lugar a lo que sería un código.

Este código varía de una persona a otra, lo que nos hace diferentes y únicos. Las proteínas han de construirse de la manera correcta para que todo el engranaje de nuestro cuerpo funcione a la perfección. Para que esto sea posible, el ADN es fundamental. El código guardado en el ADN es el encargado de «decirle» a los aminoácidos en qué orden deberán unirse para formar proteínas distintas y que funcionen adecuadamente.



PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

Aunque el ADN y las proteínas son de tamaño pequeño, es relativamente fácil obtenerlos de casi cualquier ser vivo o preservado en condiciones específicas (por ejemplo, momias o mamuts congelados). Este proyecto consiste en desarrollar una serie de prácticas para obtener y visualizar ADN de una muestra vegetal.

Aquí, primero aprenderás a aislar el ADN usando un protocolo con sal común y detergente para trastes, que es una alternativa simple, fácil, rápida, económica y no contaminante. Este protocolo funciona gracias a las características fisicoquímicas del ácido nucleico que nos permiten romper la célula que lo alberga y separarlo del resto de los componentes celulares.



En este capítulo también te ayudaremos a visualizar el ADN usando una variante de la electroforesis, que es una técnica de laboratorio que se diseñó a principios de los años treinta del siglo XX y que sirve para separar moléculas en función de su tamaño y su carga eléctrica. Las moléculas de ADN tienen carga eléctrica negativa. Durante la electroforesis, las moléculas cargadas eléctricamente se hacen pasar a través de la superficie hidratada de un medio sólido, rodeado de un medio acuoso. Cuando a ese medio acuoso le ponemos un campo eléctrico, las moléculas con una carga negativa se mueven hacia el ánodo (+), mientras que las moléculas con carga positiva se ven atraídas hacia el cátodo (-). Finalmente,

visualizaremos el ADN extraído usando cristal violeta, un colorante para peceras.

El ADN es la información **genética** que hay dentro de las células del cuerpo de todos los seres vivos y ayuda a hacer que seas quien eres. Son las instrucciones sobre cómo hacer el cuerpo, es decir, como la programación de un videojuego o el anteproyecto de una casa. Aprender a extraerlo y visualizarlo ayudará, al final del taller, a despertar el interés de las y los estudiantes de nivel medio superior en la ciencia y que entiendan la importancia que tienen las diversas herramientas técnicas actuales para comprender varios fenómenos químicos, físicos y biológicos.



DESARROLLO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El taller contempla la realización de 4 actividades cortas; todas ellas están entrelazadas, de tal manera que el resultado de una es importante para el desarrollo de la

siguiente. En este taller iremos desde realizar la extracción de ADN, su identificación y hasta su visualización con ayuda de colorantes usados para peceras.



Actividad 1. Extracción de ADN con solución salina-jabonosa



Pregunta de investigación

¿Cómo puedo extraer el ADN de las células?



Objetivo

La o el participante aprenderá a extraer ADN vegetal mediante un método simple, empleando materiales y sustancias cotidianas.



Lista de materiales

- Agua destilada o purificada.
- Detergente para trastes (cualquiera que tengas en casa, transparente de preferencia).
- Sal de cocina o cloruro de sodio (NaCl).
- Cuchara sopera.
- Mortero o licuadora.
- Muestra vegetal (pueden usarse hojas de lechuga, espinaca u hojas jóvenes de plantas del jardín).



- Bolsa Ziploc® o autosellable.
- Baño maría (37 °C).
- Embudo o colador.
- Papel de filtro (puede usarse de los que sirven para hacer café).
- Gasa o algodón.
- Tubo de ensayo o frasco de vidrio de 50 ml.
- Alcohol desnaturalizado de farmacia frío (guardado en el congelador del refrigerador).
- Varilla de vidrio o un palito de madera.
- Recipiente pequeño de vidrio o plástico con tapa (bien puede ser un gotero).



Desarrollo

Preparación de solución salina-jabonosa

1. Preparamos una solución salina-jabonosa compuesta por 100 ml de agua (media taza), 10 ml de detergente para trastes (1 cucharada) o 20 ml de champú (sin acondicionador, dos cucharadas) y 13 g de NaCl o sal de cocina (una cucharada).

Molienda de la muestra

2. En el mortero o la licuadora colocamos la muestra vegetal y la trituramos completamente.

Adición de la solución de sal y detergente a la muestra

3. Colocar la muestra vegetal molida en la bolsa autosellable y adicionar toda la solución salina-jabonosa previamente preparada; colocar el preparado en un baño maría a 37 °C durante 15 minutos para facilitar la extracción (importante que la bolsa esté BIEN sellada).

Separación del material sólido, proteínas y lípidos

4. Retirar la bolsa del baño maría y verter su contenido sobre el embudo que tiene colocado el papel filtro; esto ayudará a retirar el grueso del preparado.
5. Posteriormente, volver a filtrar el líquido colectado en el paso anterior ahora a través de la gasa o algodón hasta obtener 5 ml del líquido filtrado. Este filtrado se puede colocar en un tubo de ensayo o en un frasco de vidrio de 50 ml.

Obtención del ADN por precipitación con alcohol frío

6. En el tubo o frasco que contiene el filtrado final, vertemos lentamente por las paredes alcohol frío. Dejamos reposar unos 10 minutos aproximadamente. Debe aparecer una capa blanquecina gelatinosa.
7. Si introducimos una varilla de vidrio o un palito de madera, con movimientos circulares lentos podremos recuperar el ADN enrollado en la varilla (se verá como hebras de algodón mojado). Se guarda en un recipiente pequeño de vidrio o plástico previamente seleccionado (por ejemplo, una botella pequeña).
8. Retirar con cuidado el alcohol, dejarlo secar 10-15 minutos a temperatura ambiente y ponerle unas gotas de agua purificada de garrafón; agitar suavemente hasta que se vea que el ADN está completamente resuspendido.



Figura 1. Material y secuencia de pasos a realizar para la extracción del ADN. Enmarcado en el círculo rojo se muestra cómo está precipitado el ADN en el fondo del tubo.



Lo que debes saber

El ADN extraído se le conoce como ADN **cromosómico**. Este tipo de ADN es aquel que todos los seres vivos tienen y que contiene todo su código genético. Hay diferentes tipos de ADN en las células: nuclear (propriadamente el cromosómico, lo encontramos en los núcleos de las células de los seres vivos), mitocondrial (lo encontramos en las mitocondrias de los seres vivos), cloroplástico (en los cloroplastos de células vegetales), bacteriano (que se subdivide en cromosomal y plasmídico) y, finalmente, el viral.

Para concluir

En esta actividad se logra la extracción del ADN empleando sustancias detergentes y jabonosas, así como sal y alcohol que permiten conservar la integridad del ADN al sacarlo fuera de su entorno natural, del interior de la célula vegetal, y precipitarlo para aislarlo de las demás biomoléculas.



Actividad 2. Preparación del gel para realizar electroforesis del ADN



Pregunta de investigación

¿Has pensado cómo unir la física, la química y la biología en una práctica de la escuela?



Objetivo

El o la participante aprenderá a usar y reconocer los fundamentos físico-químico-biológicos necesarios para hacer una electroforesis del ADN extraído en la actividad anterior (Actividad I).



Lista de materiales

- Agua purificada (la de uso doméstico).
 - Jarra o contenedor de 1 litro.
 - Cuchara sopera de metal.
 - Bicarbonato de sodio.
 - **Agar-agar.**
 - Cuchara de plástico chica (para comer helados).
 - Taza o vaso pequeño.
 - Crayola de cualquier color.
 - Refractorio cuadrado chico de vidrio.
 - Tarjeta de plástico usada o que no sirva (de teléfono, bancaria o cualquier otro tipo).
 - Tijeras.
 - Blíster de plástico (medidas mínimas 5 x 8 cm).
 - Cúter o exacto.
 - Espátula de cocina.
 - Recipiente de plástico.
- Sobre de Clight® (polvo para preparar bebida) sabor limón. **IMPORTANTE QUE SEA ESTA MARCA Y SABOR.**



Desarrollo

Preparación de la bebida sabor limón

1. Vaciar el contenido del sobre en un litro de agua purificada y disolverlo bien con una cuchara.
2. Posteriormente, agregar 11.5 g de bicarbonato de sodio (o una cucharada sopera rasa), a fin de subir el pH del refresco de limón de 3 a 7.

Preparación de la gelatina en el soporte

3. Preparar el agar-agar al 1% (1/3 de cuchara para helado de agar-agar en 15 ml de Cli-ght®), y calentar (con cuidado) hasta que se disuelva por completo el agar-agar (fundirlo); esto puede hacerse en horno de microondas, con tiempos cortos de 10 segundos hasta verlo hervir, o bien, en parrilla o estufa hasta verlo burbujear por ebullición. Dejar enfriar sobre la mesa; cuando se pueda tocar el recipiente con las manos sin la sensación de quemarse, se puede pasar al siguiente paso.
4. En tanto se enfría el agar-agar, dibujar con la crayola un rectángulo en el fondo externo del refractario de vidrio; usar el tamaño de la tarjeta como guía.
5. Realizar cortes rectangulares a la parte larga de la tarjeta procurando formar 4 «dientes» de 1 cm de largo x 0.5 cm de ancho (ver **Figura 2**).
6. Llenar con el agar-agar fundido el fondo externo del refractario de vidrio donde se dibujó el rectángulo.
7. Fijar la tarjeta recortada en posición vertical en un extremo del agar-agar, procurando que los «dientes» se remojen 2-4 mm.
8. De igual forma, se puede emplear un blíster de plástico de cualquier envoltura de medidas mínimas de 5 x 8 cm y agregar directamente el agar-agar pre-enfriado y recortarlo a la altura deseada para insertar la tarjeta con «dientes» para formar los pozos; posteriormente, recortar los bordes de extremos cortos para permitir el paso de la corriente eléctrica dentro del agar-agar durante la electroforesis.
9. Al solidificar el agar-agar (ahora le llamaremos «gel»), retirar la tarjeta evitando romper los pocillos formados; cortar con el cúter o exacto usando como guía el cuadrado dibujado con la crayola y extraerlo con una espátula de cocina, con cuidado para evitar que se rompa y depositarlo en el fondo del recipiente de plástico o del mismo refractario de vidrio usado, habiendo retirado primero el resto del agar-agar no empleado.

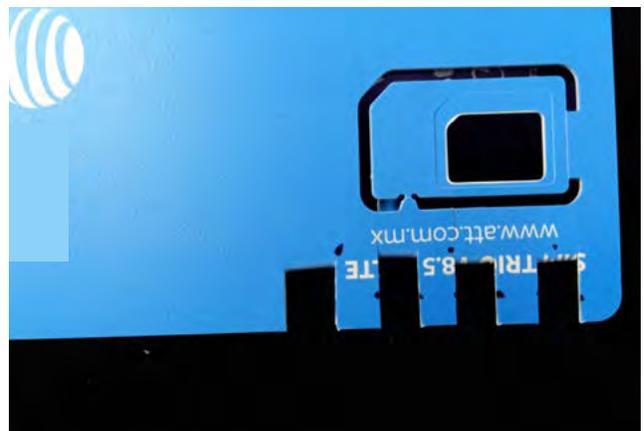


Figura 2. Recorte de tarjeta telefónica para crear los dientes que ayudarán a formar los pocitos en el gel.



Figura 3. Vaciado del gel en el molde escogido y formación de los pocitos para las muestras empleando la tarjeta telefónica.

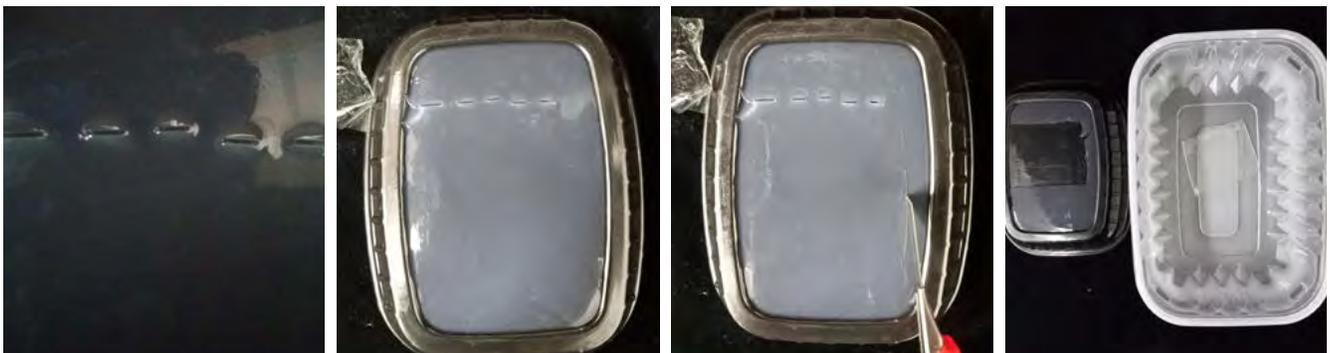


Figura 4. Retiro de la tarjeta telefónica sin romper los pocitos del gel. Recorte del gel al tamaño deseado y colocación en el recipiente seleccionado para funcionar como cámara de electroforesis.

Lo que debes saber



La electroforesis es una técnica que sirve para separar las moléculas en función de su tamaño y su carga eléctrica. Esto es posible gracias a la utilización de un medio sólido poroso, como son los geles de poliacrilamida o los geles de agarosa (en este caso gelatina). Para un mismo tamaño de poro, a mayor sea el tamaño de la molécula, más difícilmente migrará hacia el cátodo o el ánodo, incluidos los ácidos nucleicos.

El aumento del pH con el bicarbonato de sodio es necesario para proteger la integridad del ADN y no se degrade a un pH tan bajo de 3 que tiene el Clight®.

Para concluir

La preparación del gel en la forma correcta es muy importante, pues de esto dependerá que la electroforesis sea exitosa, ya que un gel demasiado concentrado puede impedir el movimiento del ADN en el mismo y uno demasiado diluido provocará que se difunda y no se mueva en la columna del ánodo al cátodo, impidiendo su reconocimiento y ubicación posterior. Para el caso del ADN, los geles suelen prepararse entre 0.8% y 2%, dependiendo del tipo y tamaño de ADN a estudiar.



Actividad 3. Preparación de la electroforesis



Pregunta de investigación

¿El ADN tiene carga eléctrica?



Objetivo

El o la participante aprenderá que el ADN posee una carga eléctrica, la cual le permite moverse a través de un campo eléctrico entre dos polos de carga opuesta. Esto permite separar diversos tipos de ADN por su tamaño y conformación espacial.



Lista de materiales

- Tijeras.
- Papel aluminio (del que se usa en casa).
- 50 cm de cable del número 14 sencillo.
- Cúter o exacto.
- Cinta aislante.
- 5 baterías cuadradas de 9 V.
- Etiquetas.
- Refractario cuadrado chico de vidrio o contenedor de plástico.
- Preparados de la Actividades 1 y 2 (ADN y gel).



Figura 5. Material necesario para el armado de la cámara de electroforesis y su empleo.



Desarrollo

Armado de la cámara de electroforesis

1. Preparar los **electrodos**: cortar dos tiras de papel aluminio de 1 cm x 25 cm, doblarlas sobre sí mismas 4 veces, de manera que queden tiras de 1 x 6 cm.
2. Envolver con el extremo de la tira de aluminio el extremo pelado de un trozo de 20 cm de cable de cobre (con el cúter o exacto retirar con mucho cuidado la cubierta plástica del cable); sellar la unión de la tira de aluminio con el cable usando cinta aislante. El otro extremo del trozo de cable también deberá pelarse, pues es el que se usará para conectar a las baterías de 9 V.
3. Armar la «fuente de poder» con las baterías: colocar tres de ellas en fila con los polos encontrados es decir [+.-][+.-][+.-] y luego ensartar los polos correspondientes de las 2 pilas restantes, es decir entre la pila 1 y 2 y la pila 2 y 3 (ver **Figura 6**).



Figura 6. Armado de las pilas para proporcionar la energía de 45 V.



4. Fijar con cinta aislante cada uno de los extremos pelados de cable de cobre a cada polo libre (positivo [+] y negativo [-], respectivamente) de las baterías de la fila inferior.
5. Pegar una etiqueta pequeña a cada extremo del refractario o túper de plástico en donde se puso; indicando cuál es el cátodo [+] y cuál es el ánodo [-] (esto será útil al momento de realizar la electroforesis).
6. Colocar el gel preparado previamente en el contenedor de plástico y agregar el resto del Clight® preparado hasta que lo cubra por completo (el volumen del Clight® preparado debe quedar mínimo 1 cm sobre la superficie del gel).
7. Ahora retirar con cuidado el constructo de la gelatina. Deben quedar formados dos agujeros pequeños en la gelatina (ver **Figura 7**).

8. Dejar todo así hasta la preparación de la muestra (Actividad 4).

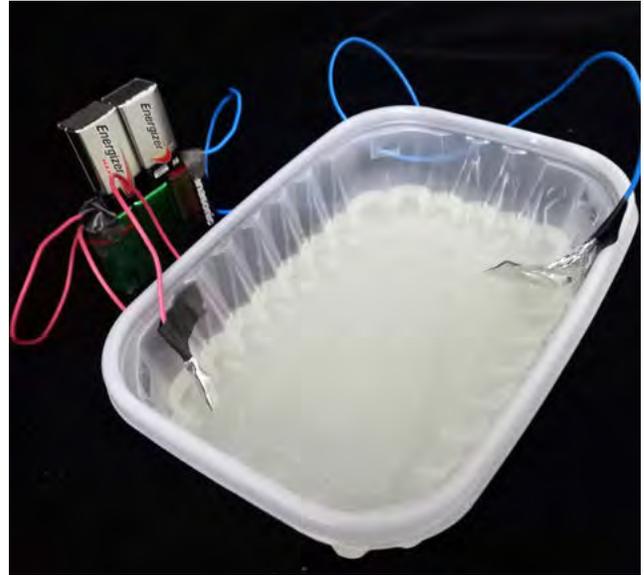


Figura 7. Disposición de la cámara de electroforesis con cableado y láminas de aluminio (electrodos).



Lo que debes saber

La cantidad de voltaje aplicado es inversamente proporcional a la rapidez con la que se mueve el ADN en el gel; en este caso, 5 baterías de 9 voltios producen 45 voltios totales. De manera que, si aumentáramos el voltaje, el tiempo para completar la electroforesis se acortaría y, por el contrario, si disminuimos el voltaje el tiempo para completar la electroforesis aumentaría. Lo recomendable es usar entre 45 y 75 voltios para electroforesis en equipos profesionales.

Para concluir

El correcto armado de la cámara de electroforesis y la colocación en el sentido adecuado del gel en el interior, permitirán realizar una electroforesis exitosa, ya que en este caso el ADN debe ir del ánodo [-] al cátodo [+] en forma de banda y con recorrido rectilíneo dentro del gel.



Actividad 4. Realización de la electroforesis



Pregunta de investigación

¿Puedo visualizar el ADN en el gel después de aplicarle electricidad?



Objetivo

El o la participante aprenderá a reconocer la presencia del ADN en el gel preparado anteriormente, empleando materiales comunes, y explicará cómo ocurre con base en los fundamentos físico-químico-biológicos explicados anteriormente.



Lista de materiales

- Material obtenido en la Actividad 1 (ADN).
- Preparados de la Actividad 2 (gel).
- Material preparado en la Actividad 3 (cámara de electroforesis y fuente de poder).
- Glicerina.
- Colorante vegetal para alimentos (del color de tu preferencia).
- Popote pequeño (como los que traen las lechitas) o gotero.
- Palillo de dientes.
- Violeta de genciana (se puede adquirir en cualquier farmacia).
- Agua purificada.
- Espátula de cocina.
- Bolsa Ziploc® pequeña o de plástico transparente.
- Lámpara.
- Cronómetro o temporizador (como los que se usan para cocina).



Figura 8. Material necesario para cargar las muestras de ADN al gel y visualizarlo.



Desarrollo

Preparación de la muestra de ADN

1. Preparar la solución de carga del ADN en el gel, usando una gota de glicerina y tres gotas de tinte vegetal.
2. Tomar una gota de la mezcla de carga y una gota de ADN, y mezclar suavemente con el gotero absorbiendo y sacando la muestra (si no se tiene gotero en este paso, se puede usar un popote pequeño, como los que traen las lechitas, haciendo vacío con el dedo índice en el extremo superior).



Carga de la muestra de ADN en el gel

3. Revisar si es necesario ajustar el nivel de Clight® en la cámara para que cubra bien la superficie del gel (recuerda que el nivel mínimo debe ser de 1 cm por encima de la superficie del gel).
4. Depositar una gota del preparado del paso 1 a cada agujero del gel, procurando que lo depositado se vaya al fondo del pocito.

Encendido de la cámara de electroforesis y desarrollo del evento

5. Introducir los electrodos en los lados opuestos del refractario, procurando que aquel conectado al polo negativo de la batería quede del lado donde están los agujeros en la gelatina.
6. Dejar correr el ADN por al menos 1.5 horas.
7. Al inicio de la electroforesis, observar que el colorante empiece a desplazarse hacia afuera del pocito en dirección del polo positivo (cátodo [+]).

Visualización de ADN con «marcador»

8. Preparar el «**marcador**» de ADN de la siguiente forma: remojar un palillo de dientes en una gota de violeta de genciana y remojarlo en 50 ml de agua purificada de garrafón y mezclar bien.
9. Al termino de las 1.5 horas, el colorante (tintura vegetal) debió recorrer más de la mitad del gel.
10. Desconectar los extremos de los cables de cobre del No. 14 de las terminales de la batería de 9 V, para detener la electroforesis.
11. Retirar el gel con suavidad con ayuda de la espátula de cocina.

12. Remojar el gel en el baño de violeta de genciana preparado previamente y colocarlo dentro la bolsa seleccionada, cuidando que no se rompa.
13. Hacer la observación colocando el gel en una lámpara de luz (usar un elemento opaco para atenuar la intensidad), o sosteniendo el gel dentro de la bolsa junto a una ventana bien iluminada.
14. El ADN se teñirá con la violeta de genciana; las pequeñas bandas azules en el gel corresponderán al ADN.
15. Toma fotografías de tu resultado para tu registro y comprobación.

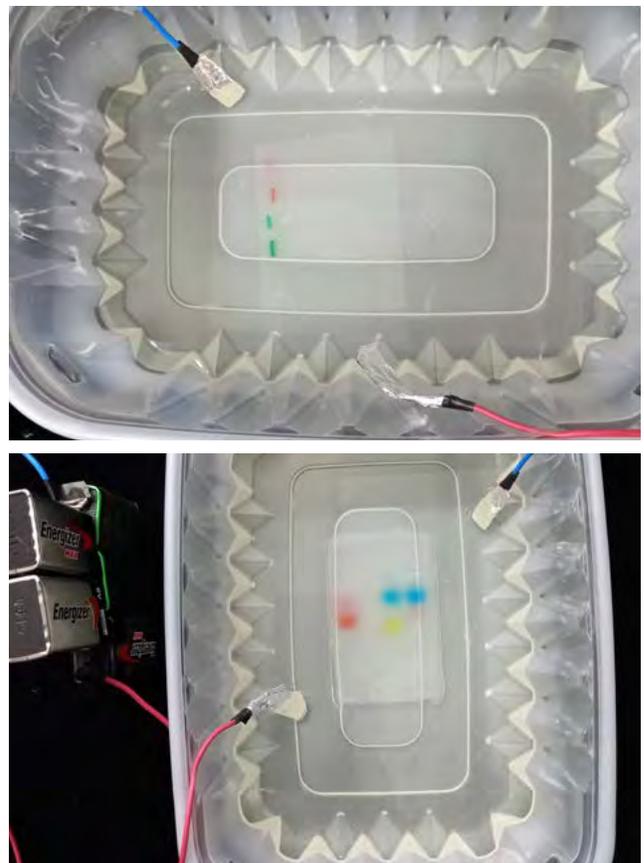


Figura 9. Forma en la que debe acomodarse el gel en la cámara de electroforesis.



Figura 10. Forma en la que debe observarse en el gel el ADN después de la electroforesis, ya con la tinción de violeta de genciana después de varios días. El círculo rosa señala una tenue banda de ADN; la intensidad de la misma dependerá de la cantidad de ADN que se haya logrado depositar en el pocito del gel y del tiempo de tinción del gel con la violeta de genciana.



Lo que debes saber

Actualmente la electroforesis es tal vez uno de los procedimientos más rutinarios que tienen lugar durante el desarrollo de un experimento, especialmente en los campos relacionados con la química analítica, la bioquímica y las ciencias biológicas y médicas en general. Se utiliza para separar proteínas, péptidos, moléculas de ADN, ARN y otras de acuerdo con su carga, tamaño, densidad y pureza.

Para concluir

En esta actividad se puede «mover» el ADN a través de un campo eléctrico aplicado. Esto permite «ver» diferentes tamaños de ADN, dependiendo de su conformación: super-enrollada, enrollada y relajada, que se verán como bandas acomodadas de arriba hacia abajo tomando como referencia los pocitos del gel. La visualización del ADN es posible debido a que las moléculas de violeta de genciana se «adhieren» al ADN en tal cantidad que pueden observarse a simple vista; el tiempo de interacción es crucial para lograr una buena coloración de la banda de ADN.



CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO

La ciencia siempre ha estado presente en nuestra vida cotidiana, desde lo que comemos hasta como nos transportamos, lo que vestimos, como nos curamos de enfermedades. En este capítulo se buscó que las y los participantes se acerquen a la ciencia, partiendo de materiales y objetos que son cotidianos o comunes en casa para hacer prácticas sencillas en el laboratorio de su escuela.

Se espera que al final comprendan la utilidad de estas herramientas de la biología en el estudio del desarrollo de los seres vivos y la biomedicina, así como a integrar los fundamentos físico-químico-biológicos que han visto previamente en la escuela de forma experimental y, sobre todo, amena.



SOBRE LOS AUTORES Y AUTORAS

Luis Carlos Gutiérrez Pacheco estudió la carrera de Químico Farmacéutico Biólogo (UADY) y la maestría en Ciencias en Biotecnología de Plantas (CICY). Es Técnico Académico en la Unidad de Biología Integrativa del CICY desde 1998. Ha colaborado en proyectos de cultivo de tejidos vegetales, purificación de proteínas, mejoramiento productivo de cultivos como café, chile habanero, papaya, y achiote. Actualmente participa en un proyecto de caracterización molecular del tejido fibroso de la palma jipi, explotada comercialmente en la península de Yucatán.

Lucila Aurelia Sánchez Cach estudió la carrera de Químico Farmacéutico Biólogo (UADY) y la maestría en Ciencias en Biotecnología de Plantas (CICY). Es Técnico Académico en la Unidad de Biología Integrativa del CICY desde 1998. Ha colaborado en proyectos de cultivo de tejidos vegetales, transformación genética, extracción de metabolitos y clonación de genes. Actualmente está enfocada en la clonación de genes que codifican para defensivas de plantas con actividad antimicrobiana y su expresión recombinante en bacterias.

Ángela F. Ku González es química industrial por la Universidad Autónoma de Yucatán. Es maestra en Ciencias en Energías Renovables por el Centro de Investigación Científica de Yucatán. Cuenta con un doctorado en Ciencias de la Educación por la Universidad Santander. Tiene formación en el área de la microscopía e histología en el Laboratorio Nacional de Microscopía Avanzada (LNMA) en Cuernavaca, en el Centro Militar de Ciencias de la Salud en la Ciudad de México, Cinvestav Unidad Irapuato y el ENEA en Roma, Italia. Actualmente es presidenta de la Sociedad Mexicana de Histología.

Fulgencio Alatorre Cobos estudió la carrera de ingeniero agrónomo especialista en Fitoecnia (UACH). Tiene una maestría en Biotecnología de Plantas (CICY) y un doctorado en Ciencias (Cinvestav Unidad Irapuato). Tiene experiencia en cultivo de tejidos, biología molecular e ingeniería genética de plantas. Sus líneas de investigación incluyen el estudio de la formación y desarrollo de fibras en cultivos como *Agave tequilana*, henequén, sansevieria y palma jipi.



GLOSARIO

ADN: es la abreviatura para ácido desoxirribonucleico, el material genético que contiene todas las instrucciones o códigos para el desarrollo y funcionamiento de todos los seres vivos.

Agar-agar: es un gelificante vegetal derivado de algas marinas rojas. Es transparente, sin sabor ni olor, y se emplea en alimentos, postres y productos cosméticos debido a su capacidad para gelificar y espesar.



Biomoléculas: son moléculas fundamentales para la vida, como proteínas, carbohidratos, lípidos y ácidos nucleicos, que desempeñan funciones clave en los organismos. Los carbohidratos proporcionan energía, las proteínas son componentes estructurales y enzimas, y los ácidos nucleicos almacenan información genética y los lípidos sirven como reservas energéticas y componentes de membranas celulares.

Electrodos: son conductores utilizados en dispositivos eléctricos y químicos para permitir el flujo de corriente eléctrica o facilitar reacciones químicas. Pueden ser de materiales como metales, carbón u otros conductores.

Electroforesis: es una técnica de laboratorio que separa moléculas cargadas, como ADN o proteínas, en un gel mediante la aplicación de un campo eléctrico, lo que permite su análisis y estudio. Se utiliza en biología molecular y bioquímica.

Genética: es la ciencia que estudia la herencia y la variabilidad de los seres vivos a través de la transmisión de información genética de una generación a otra. Comprende el estudio de genes, cromosomas y su impacto en los rasgos y enfermedades.

Marcador: es una señal o indicador utilizado para identificar, rastrear o destacar algo.

Molécula: es la unidad más pequeña de una sustancia química que retiene todas las propiedades químicas de esa sustancia.



REFERENCIAS

- Asari. (2015, noviembre 21). *Fisicoquímica-Celda electroquímica*. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=-VTfsjV-Vjmg>
- Ciencia divertida. (s. f.) *El ADN explicado para niños*. <https://cienciadivertida.gal/el-adn-explicado-para-ninos/>
- Ens, S., Olson, A. B., Dudley, C., Ross III, N. D., Siddiqi, A. A., Umoh, K. M., y Schneegurt, M. A. (2012). Inexpensive and safe DNA gel electrophoresis using household materials. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 40(3), 198-203. <https://doi.org/10.1002/bmb.20596>
- Fernandes, A. Z. (s. f.) *Extracción de ADN (experimento casero)*. Toda Materia. <https://www.todamateria.com/extraccion-adn-experimento/>
- Megía González, R. (2022, septiembre 21). *Electroforesis: ¿Qué es y para qué sirve?* El blog de Genotipia. <https://genotipia.com/electroforesis/>
- Sánchez Amador, S. A. (s. f.) *Los 6 tipos de ADN (características y funciones)*. Azsalud. <https://azsalud.com/ciencia/tipos-adn>



2P

Hongos vs. hormigas: elaboración de un bioinsecticida

M. C. Miguel Alonso Tzec Simá

Lic. Sarai Vivas López

M. C. María Inés Granados Alegría

Dr. Ignacio Islas Flores

Unidad de Biología Integrativa

Descripción

Las y los participantes conocerán las características de los **hongos entomopatógenos**. Mediante métodos caseros aprenderán a aislarlos y cultivarlos. Para probar la efectividad de sus aislados, realizarán ensayos de **infección** de insectos, seleccionarán el mejor aislado y elaborarán un **bioinsecticida** casero que será respetuoso con el medioambiente.

Objetivo general

Elaborar un bioinsecticida casero a partir de un **aislado de hongo** entomopatógeno.



Materias afines

- Microbiología.
- Ecología.
- Dinámica de la naturaleza.
- Hacia un desarrollo sustentable.
- Impacto de la ciencia y la tecnología.

¿Qué vas a aprender?

- Las etapas del método científico.
- Tipos de hongos y sus características.
- Interacción entre microorganismos (hongos-insectos).
- Utilización de los hongos al servicio de los seres humanos (biotecnología).



Pregunta inicial

¿Es posible combatir plagas domésticas sin dañar el ambiente?



PANORAMA GENERAL DEL TEMA

En la naturaleza existe una gran diversidad de hongos. De acuerdo con el tamaño de sus cuerpos fructíferos, se clasifican como microscópicos (invisibles a nuestros ojos), a este grupo pertenece más del 60% de los hongos; y los **macroscópicos** (se pueden observar a simple vista).

Entre los **hongos microscópicos** se encuentran los entomopatógenos, los cuales son especialistas en enfermar y matar a los insectos. Actualmente, muchos insecticidas usados para combatir plagas que afectan a los cultivos son de origen químico y nocivos al ambiente. La búsqueda de métodos efectivos y sostenibles para controlar plagas ha llevado a explorar el potencial de los hongos entomopatógenos. Estos microorganismos desempeñan un papel crucial en el control biológico de insectos, plagas y vectores de enfermedades, ofreciendo una alternativa amigable con el medioambiente.

Los hongos entomopatógenos colonizan y crecen dentro de los cuerpos de los insectos causando su muerte (**Figura 1**); este proceso se conoce como micosis y es una herramienta valiosa en la lucha contra las

plagas agrícolas y forestales. No debemos confundir con los **hongos saprobios**, los cuales crecen y se alimentan de materia orgánica muerta.

Una de las características de los hongos entomopatógenos es su especificidad, que significa que solo infectan a determinados grupos y especies de insectos, lo que reduce el daño en aquellos benéficos y aumenta su eficacia y seguridad.



Figura 1. Insecto infectado con un hongo entomopatógeno (Imagen: Tzec-Simá, 2023).



La interacción entre los hongos entomopatógenos y los insectos es un proceso fascinante. Los hongos liberan **esporas** en el ambiente, las cuales son adquiridas por los insectos al entrar en contacto directo o por el consumo de materiales que han sido infectados previamente. Las esporas germinan y penetran en la cutícula o exoesqueleto, colonizando el cuerpo del insecto. A medida que el hongo se desarrolla, libera enzimas y toxinas que debilitan al insecto hasta causar su muerte (Correal et al., 2018) (**Figura 2**).

El uso de hongos entomopatógenos como control biológico presenta numerosas ventajas: es una alternativa amigable con el medioambiente, ya que no utiliza productos químicos que puedan contaminar el suelo o el agua; son autolimitantes, lo que significa que su población disminuye cuando la plaga objetivo se reduce; pueden ser utilizados en programas de manejo integrado de plagas, ya que combinan diferentes estrategias de control como el uso de agentes biológicos, productos químicos de baja toxicidad y técnicas de cultivo adecuadas (Bamisile et al., 2021).

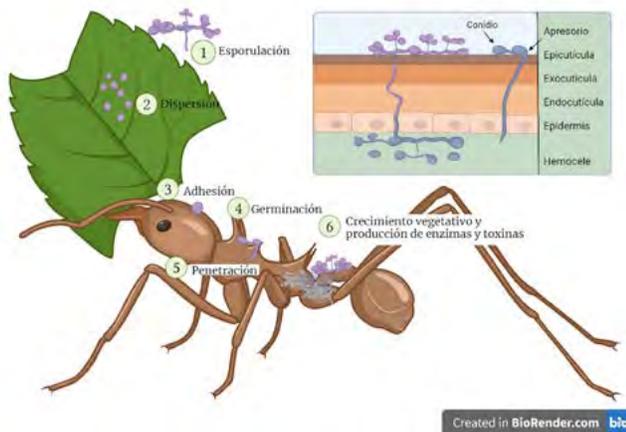


Figura 2. Modo de infección de los hongos entomopatógenos. Los números indican las etapas de la infección (Imagen: Vivas-López, 2023).

Los hongos entomopatógenos pueden vivir como **endófitos** dentro del tejido de las plantas, proporcionándoles una mayor resistencia contra insectos, pero los mecanismos son poco conocidos (Posada-Vergara et al., 2022).

De acuerdo con los manuales (Hidalgo et al., 2022; Jiménez Martínez, 2009), los pasos básicos para desarrollar un bioinsecticida utilizando hongos entomopatógenos son:

- **Selección de hongos entomopatógenos.** Existen varias especies de hongos entomopatógenos: *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Cordyceps* spp., entre otros.
- **Aislamiento y cultivo del hongo.** Se aísla y cultiva la cepa del hongo en medios y condiciones adecuadas de laboratorio.
- **Multiplicación del hongo.** La cepa aislada se multiplica y propaga en cantidad suficiente para realizar ensayos de **patogenicidad**.
- **Formulación del bioinsecticida.** El bioinsecticida se puede formular en diferentes presentaciones (polvo, gránulos, líquidos concentrados o suspensiones) dependiendo del tipo de plaga objetivo y las condiciones de aplicación. La formulación debe ser estable, fácil de manejar y aplicar.
- **Evaluación de la eficacia y seguridad.** Se deben realizar diversos ensayos en laboratorio y en campo para establecer la eficiencia óptima del bioinsecticida en el control de la plaga objetivo, así como evaluar la seguridad del producto en los organismos no objetivo y el medioambiente.



- **Registro y aprobación regulatoria.** Para comercializar y vender el bioinsecticida es necesario cumplir con los requisitos regulatorios.
- **Producción a gran escala.** Producción masiva en instalaciones especializadas de manejo de productos biológicos.

El desarrollo del producto biotecnológico (bioinsecticidas) con hongos entomopatógenos requiere del conocimiento de la biología de los hongos y los insectos objetivo, así como de las condiciones ambientales óptimas para su desarrollo.



PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

En este proyecto descubriremos la gran diversidad de hongos que existen en nuestro entorno. Entre ellos aprovecharemos las cualidades de los hongos entomopatógenos para atacar a los insectos y desarrollaremos un bioinsecticida casero. Por lo

anterior, mediante experimentos sencillos y materiales accesibles preparamos este manual cuyos resultados te asombrarán acerca del potencial de la ciencia con la naturaleza de una manera amigable con el ambiente.



DESARROLLO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



Actividad 1. Conociendo a los hongos entomopatógenos

La elaboración de un proyecto de investigación involucra varios pasos esenciales, como son: revisar la literatura relacionada con el tema a investigar con el fin de actualizar los conocimientos e identificar investigaciones previas que permitan abordar la tuya. Esto ayuda a plantearse los objetivos y la pregunta de investigación, así como a diseñar la metodología. De acuerdo con lo anterior, en esta actividad nos dimos a la tarea de recopilar información de artículos científicos y manuales de investigación y elaboramos un ensayo en forma resumida.



Pregunta de investigación

Contextualizar a las y los estudiantes acerca de los fundamentos del proyecto y planificar los experimentos a realizar.



Objetivo

Comprender cómo se inicia y se desarrolla un trabajo de investigación.



Lista de materiales

- Libreta.
- Lápiz.
- Leer con atención.
- Lupa o lente de aumento.



Desarrollo

1. Lee con atención la revisión de literatura (ver la sección **Panorama del tema**) que preparamos para entrar en contexto con el tema de investigación.
2. Toma nota sobre lo más importante que consideres y profundiza tu investigación.

Nota



Puedes iniciar con la búsqueda de algún insecto infectado con hongos entomopatógenos, el cual utilizaremos en una actividad posterior. Para ello, con ayuda de una lupa observa en tu entorno natural y colecta algún cadáver de insecto sospechoso de estar infectado (ver la **Figura 1**).

Lo que debes saber



Para saber más puedes consultar el siguiente video, en el cual se presenta de una manera más amplia y visual el aislamiento, cultivo y evaluación de los hongos entomopatógenos:

AC CIMMYT

«Hongos entomopatógenos: asesinos de insectos dañinos»

Enlace: https://www.youtube.com/watch?v=7c3c4_fICic

Asimismo, al final del capítulo te dejaremos una lista de manuales para consulta.

Para concluir

En esta actividad, mediante la consulta y revisión bibliográfica de trabajos relacionados, pudimos profundizar en el tema y adquirir los conceptos y conocimientos necesarios para desarrollar eficientemente nuestro proyecto de investigación. Este paso es fundamental para actualizar los conocimientos en el tema y planificar los experimentos a seguir.



Actividad 2. Elaboración de un medio de cultivo casero para hongos

Para su crecimiento y desarrollo, los hongos necesitan en general de oxígeno, carbono, nitrógeno, temperatura y pH (medida de acidez o alcalinidad en una escala del 0 al 14). En esta actividad elaboraremos un medio para el crecimiento de nuestros hongos de interés. Este medio de cultivo se llama Papa

Dextrosa Agar (PDA), el cual es un medio de cultivo optimizado para el crecimiento de hongos. En general, contiene los nutrientes y el soporte necesario para el aislamiento y cultivo de hongos. En nuestro caso, lo requerimos para aislar hongos entomopatógenos a partir de los insectos colectados.



Pregunta de investigación

¿Qué necesita un hongo para crecer?

Objetivo

Preparar un medio de cultivo casero para hongos.

Lista de materiales

Para preparar 500 ml de medio de cultivo (PDA) requerimos:

- Mechero de alcohol (o velas).
- Alcohol al 70% o gel desinfectante.
- ½ papa (100 g).
- ½ litro de agua.
- Gasa o colador.
- 7.5 g de azúcar.
- 9 g de agar o gelificante (ej. grenetina).
- Recipiente con tapa para hervir el medio de cultivo.
- 10 recipientes de cultivo.

Desarrollo

Para preparar 500 ml de **medio de cultivo PDA**, realizaremos los siguientes pasos (**Figura 3**):

1. Para tener condiciones asépticas del lugar de trabajo, se debe limpiar la superficie con alcohol al 70% o gel desinfectante; después prender un mechero o una vela junto al medio de cultivo al momento de dosificar.
2. Cortar media papa (100 g) y picarla en pedacitos.
3. Hervir la papa picada en medio litro de agua durante media hora, hasta que esté blanda. Dejar enfriar.
4. Filtrar a través de una gasa o colador.
5. Completar nuevamente el volumen hasta 500 ml.
6. Agregar 7.5 g de azúcar y 9 g de agar o gelificante.
7. Hervir durante 20 min en un recipiente con tapa para esterilizar el medio. De la misma manera, se deben esterilizar los recipientes de cultivo sumergiéndolos por media hora en agua hirviendo.
8. En condiciones asépticas, dosificar el medio preparado en los recipientes de cultivo y dejar enfriar sin mover. Una vez gelificado, el medio está listo para usar; se puede almacenar en refrigeración hasta un mes.

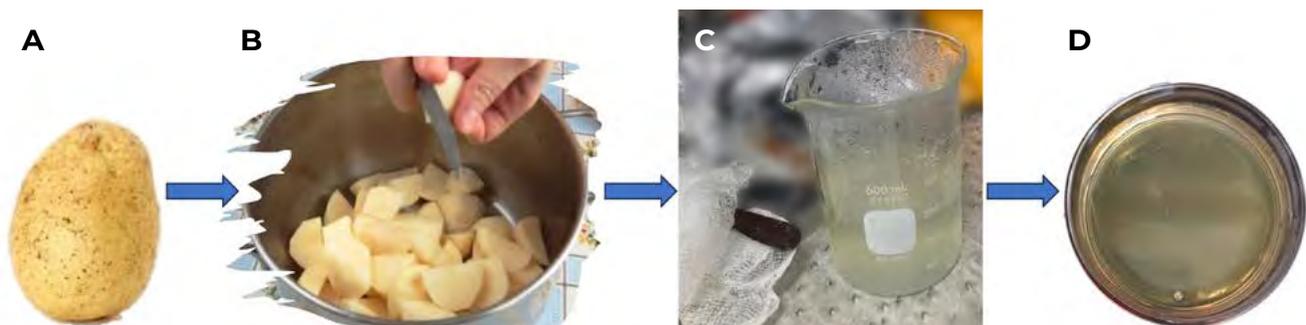


Figura 3: Preparación del medio PDA casero: A) papa normal, B) papa picada lista para hervir, C) papa hervida y filtrada, D) medio PDA. (Imagen: Tzec-Simá, 2023).



Lo que debes saber



Es necesario esterilizar el medio de cultivo y los recipientes para evitar el crecimiento de otros microorganismos contaminantes que no son de nuestro interés.

Para concluir

En esta actividad conocimos los requerimientos nutricionales que necesitan los hongos para crecer, por lo que, utilizando componentes comunes (papa, azúcar, agar) que aportan los elementos necesarios para cultivar nuestro hongo de interés,

se adquirieron las habilidades para elaborar un medio de cultivo llamado PDA. Este medio es ampliamente utilizado para el crecimiento de hongos en general, y en él podrá crecer cualquier hongo que depositemos, lo que nos permitirá cultivar los hongos entomopatógenos que se aislen a partir de insectos.



Actividad 3. Aislamiento y cultivo de hongos entomopatógenos

En esta actividad aislaremos hongos a partir de insectos colectados en el jardín, los cuales deberán presentar crecimiento superficial de hongos que pudieran ser entomopatógenos.

Pregunta de investigación

¿Cómo podemos aislar un hongo entomopatógeno?

Objetivo

Aislar y cultivar hongos a partir de insectos.

Lista de materiales

- Recipiente de vidrio de 250 ml.
- Insecto infectado.
- Cloro comercial (Cloralex®).
- Agua.
- Gel desinfectante o alcohol.

- Pinzas de disección.
- Mechero o vela.
- Medio de cultivo (PDA) de la actividad anterior.
- Película de plástico o cinta transparente.
- Etiqueta.
- Plumón.

Desarrollo

1. Desinfectar al insecto colectado de la siguiente manera (**Figura 4**):
 - En un frasco o recipiente con tapa, sumergir al insecto colectado en una solución de cloro comercial al 1% (ej. en una botella limpia de 500 ml puedes agregar lo equivalente a una tapita de cloro), durante 1 minuto.
 - Eliminar la solución de cloro y enjuagar al insecto con agua estéril (esto es: agregar agua, agitar suavemente y eliminar el agua). Enjuagar una vez más.

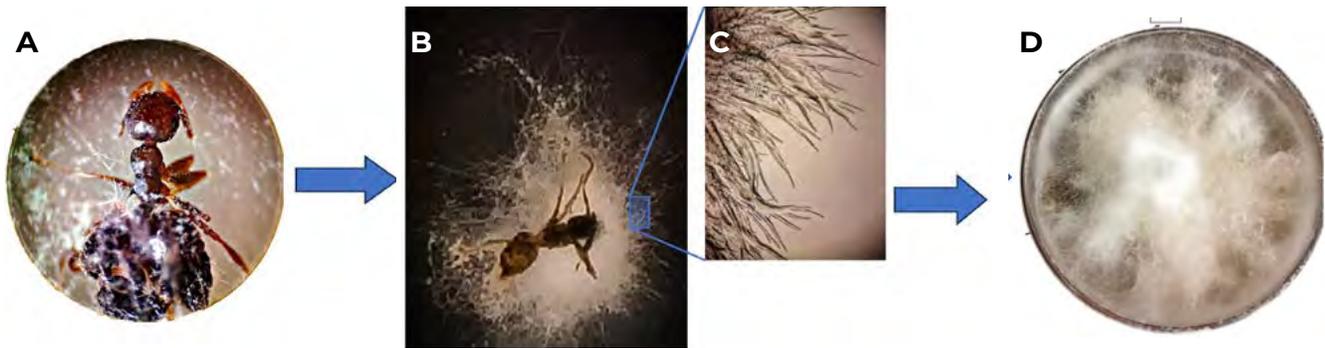


Figura 4. Método de aislamiento del hongo entomopatógeno: A) insecto infectado con un hongo entomopatógeno, B) crecimiento del hongo en medio de cultivo, C) aislamiento del extremo distal del micelio del hongo, D) hongo aislado creciendo en medio PDA (Imagen: Tzec-Simá, 2023).

2. Lavarse las manos muy bien y con ayuda de gel desinfectante o alcohol, limpiar una pinza y el área de trabajo a utilizar. Prender el mechero de alcohol y tomar al insecto con las pinzas y depositarlo en la superficie del medio PDA. Tapar el recipiente del medio PDA evitando que se abra (se puede sellar con alguna película de plástico o cinta adherente). Etiquetar la caja con la descripción del contenido, nombre y fecha.
3. Incubar el recipiente de cultivo en un lugar fresco y seco durante 1-5 días. Cuando se observe el crecimiento de algún hongo a partir del insecto, tomar una pequeña porción de micelio (cuerpo del hongo parecido al algodón o telaraña) de la parte más distante y transferirlo a un nuevo recipiente con medio PDA.

Lo que debes saber



Es necesario desinfectar superficialmente al insecto colectado para eliminar a otros microorganismos, tales como hongos saprobios y bacterias que crecen sobre el exoesqueleto del insecto y que no son de nuestro interés.

Nota



En lugar de pinzas de disección, se pueden usar pinzas para depilar cejas.

Si se observa crecimiento de diferentes tipos de hongos (se puede notar por presentar diferente color, textura, tipo de crecimiento) depositar cada uno en recipientes de cultivo separados.

Para concluir

En la naturaleza existen diferentes especies de hongos y solo algunos infectan o atacan a los insectos, por lo que es de especial interés aislar solo aquellos que se encuentran dentro del insecto. En esta actividad se estimuló el crecimiento de hongos a partir de cuerpos de insectos al depositarlos en un medio de cultivo (PDA) y se aislaron como se describe. Estos hongos, posiblemente entomopatógenos, serán utilizados para probar su potencial como bioinsecticidas.



Actividad 4. Prueba máxima

A esta actividad se le denomina de esta forma, ya que necesitamos capturar diferentes insectos, sobre todo los que queremos combatir (ej. hormigas, mosquitos, etc.). Se trata de poner a prueba la capacidad de infectar de los hongos que aislamos sobre las especies de plagas de insectos. En otras palabras, veremos si los hongos que aislamos son capaces de matar insectos plaga.

¿? Pregunta de investigación

¿El hongo aislado es capaz de infectar insectos?

Objetivo

Infectar insectos con cepas de hongos aislados.



Lista de materiales

- 5 recipientes de plástico (recipientes desechables de comida).
- Insectos vivos (al menos 10 de cada especie que elijas).
- Lupa o lente de aumento.
- Hongo aislado (actividad anterior).
- Mortero con pistilo.
- Gasa o colador.
- Espátula/cuchara y pinza.



Desarrollo

Para realizar la infección de los insectos con el hongo aislado, se realiza la denominada «prueba máxima» de la siguiente manera (Figura 5):

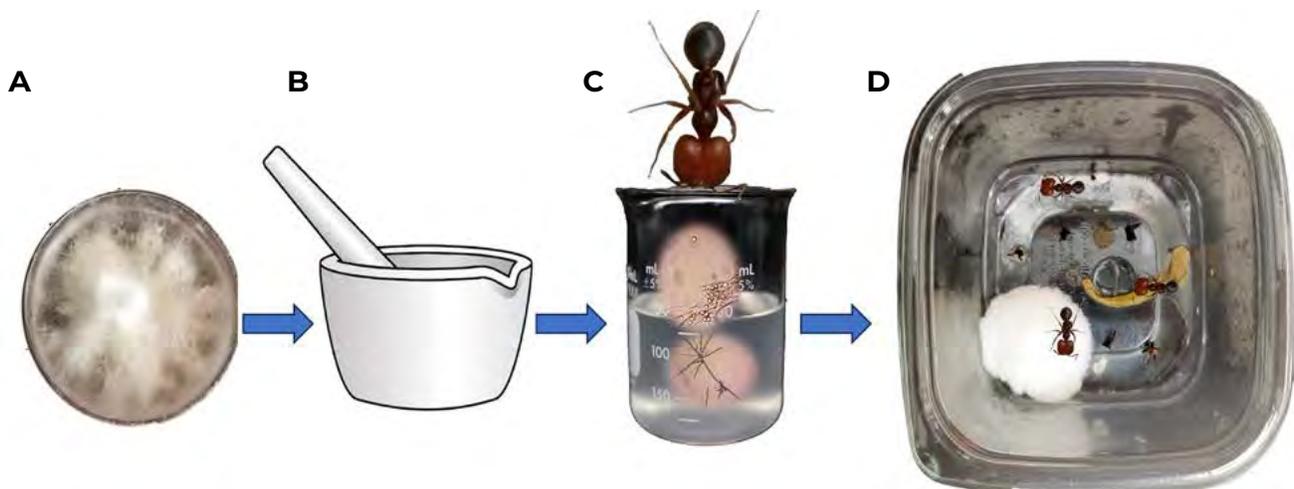


Figura 5. Método de infección de insectos en laboratorio: A) aislado de hongo entomopatógeno, B) homogenización de micelio con esporas, C) impregnación del insecto en la suspensión del hongo, D) insectos en la cámara húmeda (Imagen: Tzec-Simá, 2023).



1. Para hacer la suspensión del hongo a partir del hongo aislado (ver Actividad 3), con ayuda de una espátula, cuchara o filo de bisturí se raspa cuidadosamente el hongo que crece en la superficie del medio. Se deposita en un mortero con pistilo y se muele; por último se mezcla con medio vaso de agua y se filtra a través de la gasa o colador.
2. Después, con ayuda de la pinza, tomar uno por uno los insectos vivos y sumergir en esta suspensión para asegurar que estos se impregnen de las esporas o hifas del hongo.
3. Los insectos impregnados del hongo se transfieren y se mantienen en una cámara húmeda; esto se hace humedeciendo una bolita de gasa o algodón y depositándolo dentro del recipiente de plástico. Si vas a probar más de un hongo o diferentes especies de insectos, deberás ponerlos en cajas húmedas separadas. No olvidar poner un control negativo (C-), en el cual pondrás insectos sin impregnar con el hongo. Etiquetar adecuadamente cada caja.
4. Mantener la cámara húmeda en un lugar fresco a temperatura ambiente. Con una lupa o lente de aumento observar diariamente a los insectos infectados hasta ver el crecimiento de estructuras fúngicas en su cuerpo. Estos serán los hongos que seleccionaremos como candidatos.

Nota



Los hongos que se usan para esta actividad son aquellos que aislamos en la anterior.

Al manejar los insectos hay que tener mucho cuidado para no sufrir alguna picadura, para esta prueba evitaremos usar aquellos que sean peligrosos.

Lo que debes saber



La «prueba máxima» que realizamos en esta actividad es el primer paso para la selección de un hongo entomopatógeno candidato. El siguiente paso es la producción a mayor escala del hongo seleccionado utilizando sustratos, tales como bolsas de arroz para producir mayor cantidad de esporas, así como otras diversas pruebas para establecer dosis letales y que no afecten a especies de insectos benéficos. De esta manera se han desarrollado diversos bioinsecticidas comerciales.

Para concluir

En esta actividad, mediante la llamada «prueba máxima», se puso a prueba la capacidad del hongo que aislamos para infectar algún insecto. Después de impregnar a insectos que capturamos, observamos que el hongo fue capaz de desarrollarse en el cuerpo de hormigones impregnados con la suspensión de esporas del hongo. De esta manera, la «prueba máxima» se utilizó para demostrar que el hongo que aislamos es entomopatógeno.



Actividad 5. Prueba de patogenicidad: postulados de Koch

Robert Koch fue un médico-científico alemán que nació en 1843, considerado uno de los padres de la microbiología. Descubrió al agente causal de la tuberculosis (*Mycobacterium tuberculosis*) y del cólera (*Vibrio cholerae*). Entre otras aportaciones, se le atribuye el promover la esterilización de instrumentos quirúrgicos con calor. Por sus investigaciones sobre la tuberculosis recibió el Premio Nobel de Fisiología y Medicina en 1905 (Hernández, 2021).

Otra de sus grandes aportaciones fueron los **postulados de Koch**, que estableció en 1882 con sus experimentos sobre el carbunco (ántrax) ocasionado por *Bacillus anthracis*, también identificado por R. Koch.

Los postulados de Koch (**Figura 6**) establecen que:

- El patógeno (microorganismo infeccioso que causa una enfermedad), debe encontrarse en el organismo enfermo, pero no en organismos sanos.
- El patógeno debe poder aislarse en forma pura y cultivarse en un medio de cultivo, en el cual solo se observará el crecimiento de una clase de microorganismo en particular.
- Al introducir el patógeno aislado en un organismo sano, este debe desarrollar la enfermedad original.
- Al analizar al organismo recién infectado (enfermo), se debe encontrar el mismo patógeno que se aisló originalmente.

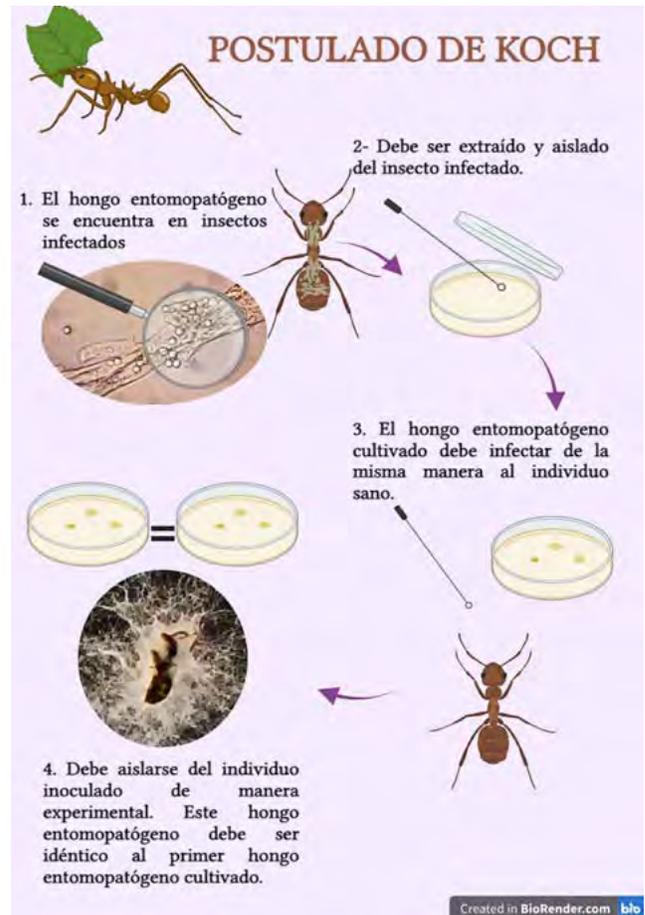


Figura 6. Esquema del postulado de Koch (Imagen: Vivas-López, 2023).

Pregunta de investigación

¿Cómo podemos comprobar que el hongo aislado es el causante de infectar al insecto?

Objetivo

Reaislar el hongo entomopatógeno con el que se infectó originalmente al insecto.



Lista de materiales

- Insecto infectado con el hongo entomopatógeno en estudio.
- Cámara húmeda.
- Medio de cultivo PDA.
- Lupa, lente de aumento o microscopio.
- Pinzas.



Desarrollo

Esta actividad se desarrollará de manera similar a la actividad anterior, brevemente:

1. Realizar una suspensión utilizando el micelio y esporas del hongo seleccionado y enseguida, infectar a insectos sanos sumergiéndolos en esta suspensión, de la misma manera que en la actividad anterior.
2. Mantener los insectos impregnados del hongo en una cámara húmeda. No olvidar poner un control negativo (insectos sin impregnar).
3. Mantener la cámara húmeda en un lugar fresco a temperatura ambiente, realizar observaciones periódicas con ayuda de una lupa o lente de aumento hasta que aparezcan estructuras fúngicas (se observan como vellosidades o una apariencia polvosa de algún color) en el cuerpo del insecto.
4. Reaislar al hongo: de manera aséptica, depositar con ayuda de una pinza a los insectos infectados y sin infectar (C-) en recipientes con medio PDA en forma separada; mantener en un lugar

fresco y seco. Después de unos días, en el medio que contiene al insecto infectado debemos observar (visualmente y con una lupa) el crecimiento del hongo con el que infectamos originalmente al insecto; este debe ser de la misma apariencia morfológica y coloración. En el medio en el cual depositamos el otro insecto sin infectar, no se debe observar este crecimiento.



Lo que debes saber

En el siguiente enlace puedes ampliar tus conocimientos acerca de la vida de Robert Koch, considerado como uno de los padres de la microbiología médica. Se explica con mayor profundidad los fundamentos de sus cuatro postulados relacionados a la patología en plantas:

Universidad de Valladolid

«Los postulados de Koch en patología vegetal»

Enlace: <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/34827>

Para concluir

En esta actividad pudimos comprobar que el hongo entomopatógeno que elegimos como candidato fue capaz de infectar a los insectos, por lo tanto puede ser utilizado para desarrollar un bioinsecticida.



Actividad 6. Elaboración de un bioinsecticida

Esta actividad será la prueba definitiva de nuestro bioinsecticida. Muchos factores intervienen al aplicarse en las poblaciones naturales de insectos, por lo que no siempre resultan ser tan eficaces como en las pruebas de laboratorio y es necesario continuar probando con otros hongos. Pero la resiliencia (capacidad de las personas para levantarse y resolver los retos que se presentan en la vida) es una de las virtudes de los científicos y científicas.

Pregunta de investigación

De acuerdo a nuestra investigación, ¿cuál es la formulación final para preparar el bioinsecticida?

Objetivo

Elaborar y aplicar el bioinsecticida sobre una población de insectos.



Lista de materiales

- Cultivo del hongo aislado que seleccionamos como candidato.
- Mortero con pistilo.
- Grenetina (adherente) o goma arábica.
- Tween 80® o detergente líquido.
- Recipiente de 500 ml con tapa de spray.



Desarrollo

Para la preparación de 100 ml de bioinsecticida (**bioformulado**), realizar los siguiente (**Figura 7**):

1. Raspar el micelio y esporas del hongo de interés y preparar la suspensión como se describió en las actividades anteriores.
2. Agregar 1 g de grenetina o en su lugar goma arábica (la concentración final será al 1%).

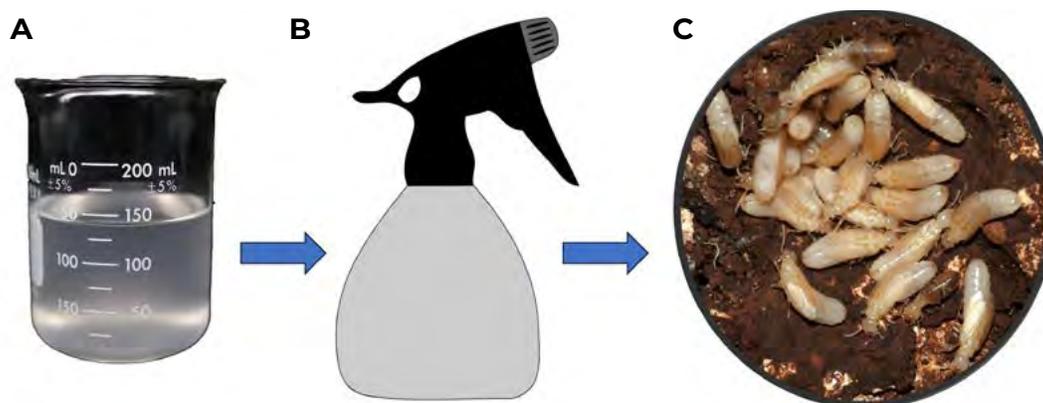


Figura 7. Método de preparación del bioinsecticida casero: A) suspensión del hongo entomopatógeno, B) recipiente aspersor tipo *spray* con el bioinsecticida, c) aplicación por aspersión sobre plagas caseras. (Imagen: Tzec-Simá, 2023).



3. Agregar una gota de Tween 80® o detergente líquido (Aprox. 0.1%).
4. Mezclar delicadamente esta solución y poner en el recipiente con tapa de *spray*.
5. Localizar la población de insectos plaga del jardín y aplicar por aspersion usando el *spray*.



Lo que debes saber

Los bioformulados se mezclan con grenetina (o goma arábica) al 1%, la cual funciona como adherente; el Tween 80® al 0.1% tiene un papel como solubilizante, emulsificante y dispersante, ya que naturalmente las esporas se agrupan. Si deseas optimizar la formulación, es necesario hacer pruebas posteriores para elegir la dosis adecuada, a través del conteo de esporas.

Nota



Esta solución debe usarse desde el momento de su preparación y hasta dos días después, ya que las esporas germinan a los pocos días y pierden viabilidad.

Para concluir

Se prepararon soluciones de bioinsectida (bioformulados) a base del hongo seleccionado y se aplicó con ayuda de un *spray* a insectos plaga del jardín. Se observó una reducción en la población de dichos insectos, sin embargo, es necesario observar el comportamiento y llevar a cabo un seguimiento a los insectos que se les aplicó para determinar el efecto en su población natural y así determinar si es necesario aplicar dosis adicionales.



Actividad 7. Presentación de los resultados



Pregunta de investigación

¿Cómo se dan a conocer los resultados de una investigación científica?



Objetivo

Realizar un video, presentación en PowerPoint o un póster.



Lista de materiales

- Ingenio.
- Aplicación de video o de presentación.
- Cualquier dispositivo de grabación (celular, cámara).



Desarrollo

Utilizando lo que has aprendido en este proyecto, realiza un informe de tu investigación en forma clara y concisa para presentar tus resultados; para ello, puedes realizar una grabación de un video o una presentación en PowerPoint o aplicación similar, considerando los siguientes puntos:

1. Título del proyecto y nombre de las autoras y autores.
2. Una pequeña introducción para contextualizar al público, seguido del objetivo y pregunta de investigación.
3. Los métodos utilizados (metodología).
4. Los resultados obtenidos y las conclusiones a las que llegaste.
5. Al final, expresa lo que aprendiste en general o qué es lo que te deja esta experiencia.



Nota

Previamente, puedes elaborar un guion que te ayude a realizar tu video o presentación. La duración del video deberá ser de aproximadamente 5 minutos.



Lo que debes saber

Los artículos científicos son los medios principales utilizados por los científicos y científicas para dar a conocer su investigación, sin embargo, también se utilizan congresos, foros, etc., para divulgarla.

Para concluir

En esta actividad se dieron a conocer los resultados de nuestra investigación al público en general. En nuestro caso particular elegimos la presentación en póster y la exposición de nuestro producto final en un *stand*.



CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO

En la naturaleza existe una gran diversidad de especies de hongos, entre ellos los entomopatógenos, los cuales afectan a los insectos llegando hasta provocar su muerte. Esta característica pudo ser aprovechada para crear un insecticida biológico, amigable con el ambiente y que podría ayudar a combatir las plagas de

insectos comunes en los jardines e incluso puede ser la base para crear un desarrollo biotecnológico.

En este trabajo se obtuvo un insecticida a base de un hongo aislado de insecto y que, al aplicarse a las hormigas u otro insecto, fue capaz de crecer y desarrollarse sobre ellos.



SOBRE LOS AUTORES Y AUTORAS

El **M. C. Miguel Alonso Tzec Simá** es maestro en Ciencias en Biotecnología de Plantas. Labora en el Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY) como Técnico Titular. Tiene experiencia en cultivo de tejidos vegetales, biología molecular y bioquímica, e interacción planta-patógeno. Ha asesorado a varios estudiantes de licenciatura y publicado diversos artículos científicos.

La **M. C. María Inés Granados Alegría** es maestra en Ciencias en Innovación Biotecnológica por el Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A. C. (CIATEJ). Actualmente es estudiante de doctorado en Ciencias Biológicas en el CICY. «Mi gusto por la ciencia empezó por la curiosidad de resolver problemas de la vida cotidiana. Todos tenemos una faceta de investigadora o investigador que se puede aplicar en cualquier momento de nuestra vida y cultivar esta habilidad puede servirte en un futuro».

La **Lic. Sarai Vivas López** estudió Genómica en la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Su interés por el área en la biología molecular inició desde la preparatoria, durante su estancia de servicio social en el laboratorio de genética con el estudio del ADN en los seres vivos. Posteriormente, realizó un verano de investigación en Biotecnología ambiental en la UANL. Realizó su tesis de licenciatura en el CICY con el estudio de genes de un hongo patógeno, lo que después la animó a continuar con sus estudios de maestría en el mismo Centro.

El **Dr. Ignacio Islas Flores** es biólogo de formación y doctor en Ciencias en Procesos Vegetales. Labora en el Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY) como Investigador Titular; tiene experiencia en bioquímica y biología molecular de plantas. Ha dirigido diversos proyectos de investigación. Su curiosidad por la ciencia despertó en su niñez mientras leía el libro *Cazadores de microbios*. Las historias de su maestro de Biología y la observación de microorganismos reforzaron su deseo de aprender acerca del mundo microscópico que nos acompaña.



GLOSARIO

Aislado de hongo: es un hongo con el cual se ha logrado su cultivo puro y solitario, separado de otros microorganismos por métodos de laboratorio.

Asepsia: procedimiento de limpieza para eliminar microorganismos contaminantes.

Bioformulado: fórmula de los componentes utilizados para realizar el bioinsecticida.

Desarrollo tecnológico: es la generación de un producto a partir de la aplicación de una serie de conocimientos científicos adquiridos durante la experimentación.

Endófitos: en este caso nos referimos a los hongos entomopatógenos que crecen dentro del tejido de la planta, causando una interacción benéfica.

Esporas: estructuras reproductivas de los hongos, de origen sexual, que les permite su dispersión a grandes distancias y propagación por periodos largos.

Hongos entomopatógenos: son aquellos que pueden enfermar y matar insectos. Del griego *entomon* cuyo significado es «insecto» y «patógeno» causante de enfermedad.



Hongos macroscópicos: comúnmente conocidos, ya que se pueden observar a simple vista; son los denominados tipo seta.

Hongos microscópicos: pasan desapercibidos a simple vista, solo se pueden observar con un microscopio o lente de aumento. A este grupo pertenecen aproximadamente el 60% de los hongos.

Hongos saprobios: son un tipo de hongos que crecen sobre materia orgánica muerta y ayudan a su descomposición. A diferencia de los hongos entomopatógenos, estos no matan a los insectos.

Infeción: es la colonización de un microorganismo patógeno sobre un huésped.

Insecticida biológico (bioinsecticida): suspensión del hongo entomopatógeno con otros componentes y que al aplicarse a los insectos es capaz de matarlos.

Medio PDA: medio de cultivo en el cual crecen los hongos en laboratorio; está compuesto de papa, dextrosa (azúcar) y agar.

Micelio: estructura de crecimiento que forma parte del cuerpo del hongo, tiene apariencia similar a pequeñas raíces o cabellos, puede ser algodonoso o plano como telaraña.

Patogenicidad: es la capacidad que tiene un patógeno para causar enfermedad en su huésped.

Plaga: grupo de insectos que afectan los cultivos agrícolas de interés.

Postulados de Koch: serie de condiciones que deben cumplirse para que un patógeno pueda ser considerado como el agente causal de una enfermedad, establecido por Robert Koch en 1882.



REFERENCIAS

- Bamisile, B. S., Akutse, K. S., Siddiqui, J. A., & Xu, Y. (2021). Model Application of Entomopathogenic Fungi as Alternatives to Chemical Pesticides: Prospects, Challenges, and Insights for Next-Generation Sustainable Agriculture. *Frontiers in Plant Science*, 12. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2021.741804>
- Correal, C. E., Torres, L. A. T., Rivero, L. F. V., Pardey, A. E. B., Mogollón, M. V. Z., & Prado, A. M. C. (2018). Entomopathogenic fungi in insect pests biological control. *En: Control biológico de fitopatógenos, insectos y ácaros: aplicaciones y perspectivas*. V. 2, Capítulo 6, 334–367.
- Hernández, A. J. (2021). *Los postulados de Koch. En busca del causante de la enfermedad - Microbacterium*. <https://microbacterium.es/los-postulados-de-koch-en-busca-del-causante-de-la-enfermedad>
- Hidalgo, D., & Tello, C. (2022). *Manual para la producción de hongos entomopatógenos y análisis de calidad de bioformulados*. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias del Gobierno de Ecuador. [https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5950/1/Manual para la producción de hongos entomopatógenos y análisis de calidad de bioformulados %282%29.pdf](https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5950/1/Manual%20para%20la%20producci%C3%B3n%20de%20hongos%20entomop%C3%A1t%C3%B3genos%20y%20an%C3%A1lisis%20de%20calidad%20de%20bioformulados%202022.pdf)
- Jiménez Martínez, E. (2009). *Métodos de control de plagas*. Universidad Nacional Agraria. <https://repositorio.una.edu.ni/2457/>
- Posada-Vergara, C., Lohaus, K., Alhussein, M., Vidal, S., & Rostás, M. (2022). Root Colonization by Fungal Entomopathogen Systemically Primes Belowground Plant Defense against Cabbage Root Fly. *Journal of Fungi*, 8(9), 969. <https://doi.org/10.3390/jof8090969>



3P

Ludiplancton: investiga, crea y juega

Biól. Leonela Chávez Flores

Biól. María Teresa Urbina Hidalgo

Dr. Jesús Alvarado Flores

Unidad de Ciencias del Agua

Descripción

Aprenderemos los principios básicos de la **toxicología acuática** empleando el microcrustáceo *Artemia franciscana*. Las y los estudiantes evaluarán la **toxicidad** aguda de productos de uso personal como pasta de dientes, jabón y medicamentos, entre otros; asimismo, investigarán y jugarán con la ciencia.

Objetivo general

Las y los estudiantes realizarán experimentos de toxicología variando concentraciones de exposición de productos de uso cotidiano en el microcrustáceo *A. franciscana*.



Materias afines

- Biología.
- Conservación del medio ambiente.
- Impacto de la ciencia y la tecnología.

¿Qué vas a aprender?

- Las etapas del método científico.
- Cultivo de organismos acuáticos.
- Medir la toxicidad de sustancias de uso cotidiano.
- Sobre contaminantes emergentes.



Pregunta inicial

¿Los productos de uso diario personal causan daño a la vida acuática de los ecosistemas costeros?



PANORAMA GENERAL DEL TEMA

Hace muchos años, Paracelsus escribió algo muy importante en los estudios de la toxicología ambiental (entre 1452 a 1519): «La dosis hace el efecto», es decir, existen sustancias tóxicas que a dosis muy bajas no te producen un daño, pero a dosis altas lo hacen y pueden ser devastadoras para la salud. Así se hacen los fármacos y otras sustancias químicas que consumimos a diario; las dosis son exactas y estas son propuestas por investigadores e investigadoras, científicos y científicas que realizaron estudios para descubrir si sus efectos son adversos (o malos). En el presente capítulo podrás descubrir la metodología para realizar estos experimentos (Jaramillo-González et al., 2006; Díaz-Báez et al., 2008).

Cuando escuchas la palabra «toxicidad», ¿qué te viene a la mente? Quizás te resulte familiar la advertencia que nos hicieron alguna vez: «¡Ey, no le des chocolate al perro!», esto debido a que les resulta tóxica la teobromina contenida en las semillas de cacao. O como cuando te piden con una melodiosa voz: «¡Pásame el cloro!», y leíste en la etiqueta: «Manténgase fuera del alcance de los niños», conscientes que, de beberse, resultaría en una visita al hospital,

¿cierto? Pues bien, para continuar familiarizándote con la toxicología, hagamos un breve recorrido por sus inicios.

Inicios de la toxicología

En la década de los treinta del siglo XX (más o menos cuando tus bisabuelos eran jóvenes), se observó la muerte masiva de organismos acuáticos cercanos a las industrias, lo que llevó a la realización de pruebas utilizando *Carassius auratus* (carpa dorada, para las amistades). Los concluyentes resultados basados en experimentos y análisis estadísticos revelaron que las industrias vertían sustancias tóxicas en los cuerpos de agua, afectando la vida silvestre y... gracias a que la ciencia es un mundo de conocimiento, no fue lo único que se descubrió. Haciendo pruebas y modelos matemáticos sencillos y útiles con otras especies y sustancias, algo más se reveló: bajo condiciones iguales de **concentración** de contaminantes había organismos (como las truchas) que «colgaban los tenis» y otras (como las carpas) que vivían para contarlo, por lo que se descubrió que diferentes especies tenían niveles de sensibilidad distintos.



Eso no fue todo; tiempo después, en la época de tus abuelos, en la década de los sesenta, surgieron los agroquímicos cuya función era la eliminación de insectos que dañaban los cultivos de maíz, frijol, cebolla, chile habanero y otros. Sin embargo, hubo consecuencias no planeadas; se observaron efectos nocivos en la vida silvestre, dando origen a la ecotoxicología, un área de investigación en la cual personas como tú y yo estudian los efectos de los contaminantes en los ecosistemas acuáticos y terrestres.

Pruebas de toxicidad

Como bien te imaginarás, al realizar pruebas de toxicidad se busca obtener resultados confiables para determinar si las sustancias utilizadas en actividades agrícolas, acuícolas, industriales y urbanas son tóxicas. Para ello se emplea un detector o indicador de fácil cultivo y bajo costo, como el microcrustáceo *Artemia franciscana*.

Este crustáceo se caracteriza por sus numerosos segmentos y apéndices, que utiliza para alimentarse y nadar en aguas salobres de todo el mundo. En Las Coloradas (Yucatán) es especialmente común. Su morfología permite diferenciar fácilmente entre machos y hembras, ya que a medida que los machos crecen, sus antenas se transforman en pinzas que utilizan durante el apareamiento (en biología, esta diferenciación se conoce como dimorfismo sexual). Además, se reproduce de manera ovípara, lo que es crucial para su supervivencia, ya

que cuando los cuerpos de agua se secan, mueren y sus huevos o **quistes** pueden resistir en estado de latencia (en biología, diapausa) durante un máximo de 25 años hasta eclosionar con las primeras lluvias o mareas altas.

Así, las artemias que cultivarás pasarán por diferentes etapas de desarrollo, llamadas etapas naupliar. En la etapa juvenil desarrollarán formas más complejas y en la adulta darán lugar a una nueva generación, como puedes ver en la **Figura 1**, ¡observa!

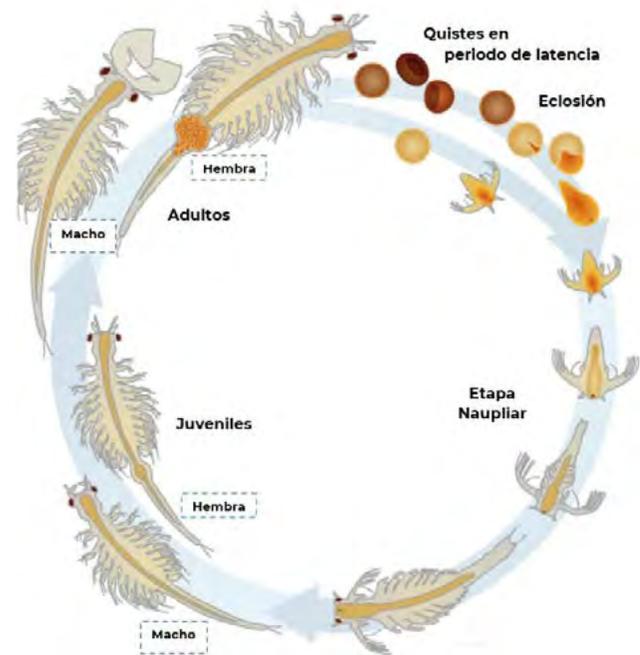


Figura 1. Diagrama del ciclo de vida de *Artemia franciscana* (Imagen tomada de internet del sitio web del Centro de Aprendizaje de Ciencias Genéticas, 2014).



PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

Primero eclosionarás artemias de quistes comerciales; ellas serán tus organismos de prueba para múltiples experimentos. Después conseguirás diversas sustancias tóxicas de interés y prepararás diluciones de los **tóxicos** que usarás en las artemias.

Por último, cuantificarás la cantidad de vivos y muertos en cada experimento para estimar la concentración o dilución que mata al 10%, 50% y 100% de las artemias. Sigue las instrucciones. Relaciona los resultados con la realidad. ¡Manos a la obra!



DESARROLLO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



Actividad 1. Preparación del agua de mar



Pregunta de investigación

¿Cómo se prepara el agua de mar para la eclosión de la *A. franciscana*?



Desarrollo

1. Verter en el contenedor un litro de agua de garrafón.
2. Agregar 35 gramos de sal marina natural o su equivalente, una cucharada colmada.
3. Mezclar con la cuchara hasta que la sal se disuelva por completo.
4. Agregar el gramo de bicarbonato de sodio o su equivalente, 5 pizcas.
5. Mezclar nuevamente.



Objetivo

Preparar el medio acuático **salino** para la eclosión de los quistes de *A. franciscana*, como se observa en la **Figura 2**.



Lista de materiales

- 1 litro de agua de garrafón.
- Contenedor con capacidad de 1 litro para la preparación de la mezcla.
- 35 gramos de sal marina natural o una cucharada colmada, preferiblemente sin aditivos ni yodo, ya que pueden afectar la composición química del agua de mar artificial (se puede adquirir en cualquier mercado local).
- Cuchara.
- 1 gramo de bicarbonato de sodio (aproximadamente 5 pizcas).



Nota

Asegúrate de tapar bien el recipiente donde hiciste la mezcla una vez que la terminaste, para que no se derrame. Etiquétalo muy bien, esta es tu solución de eclosión de quistes y, además, será la solución para tus diluciones de tus pruebas de toxicidad.

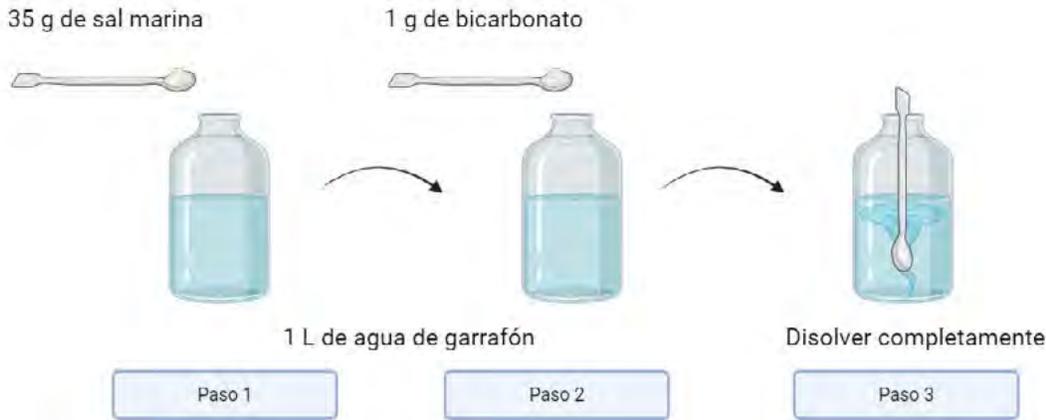


Figura 2. Preparación del medio salino (Imagen elaborada en BioRender.com por Chávez-Flores, 2023).

Lo que debes saber

La *A. franciscana* es un microorganismo que vive en las zonas costeras de la península de Yucatán, por ello es necesario preparar un medio salado, como el del mar, para mantenerla viva y con buena oxigenación porque respiran en el agua.



Para concluir

Ya cuentas con el medio suficiente para eclosionar tus organismos y para las pruebas de toxicidad; sin embargo, es indispensable que prepares por lo menos 3 litros más porque vas a necesitarlos para hacer muchos experimentos.



Actividad 2. Eclosión de los quistes de *Artemia franciscana*



Pregunta de investigación

¿Dónde y cómo eclosiono los quistes de *A. franciscana*?



Objetivo

Eclosionar los quistes de *Artemia franciscana* (observa la **Figura 3**).



Lista de materiales

- De 2 a 3 gramos (o una cucharada no colmada) de quistes de *Artemia franciscana* por litro de agua.
- Aireador con manguera y difusor (el que se usa para oxigenar las peceras, lo venden en los acuarios o en tiendas en línea).
- Una lámpara de luz artificial o colocar en un lugar expuesto a la luz solar.
- Una lupa o también si tu escuela cuenta con un microscopio estereoscópico, solicítalo y úsalo.



Nota



Los quistes de *A. franciscana* pueden comprarse en acuarios locales o en sitios de internet en \$80.00 pesos en promedio, o tiendas veterinarias con productos para peceras; es común que los tengan porque los utilizan como alimento vivo para peces.

Desarrollo

1. Verter de 2 a 3 gramos de quistes de *Artemia franciscana* en el medio que preparaste en la Actividad 1.
2. Airear el medio con la bomba de aire; la aireación debe ser suave, no exagerada.
3. Mantener el medio en un lugar expuesto a la luz solar; en el interior, trata que se mantengan unos 25 °C.
4. Esperar 24 horas para su eclosión y otras 24 horas más para que alcancen la adultez.
5. Observar con una lupa su desarrollo.
6. También puedes seguir las instrucciones que están en las etiquetas de los quistes que adquiriste en el acuario de tu preferencia.
7. Se vale comprar artemias vivas para tus experimentos, si así las consigues en tu acuario. Algunos acuarios las venden vivas y puedes usarlas para tus experimentos.

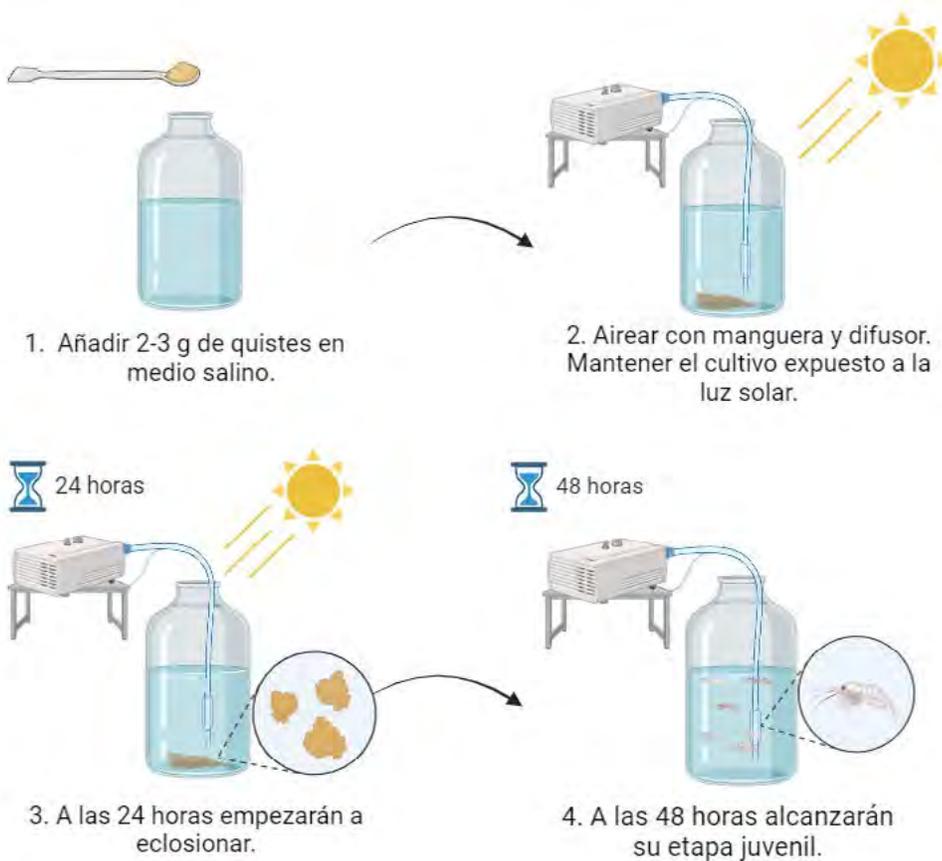


Figura 3. Eclosión de los quistes (Imagen elaborada en BioRender.com, por Chávez-Flores, 2023).



Lo que debes saber



A veces no eclosiona el 100% de los quistes que venden, tal vez solo el 80% o 15% si el producto se ha humedecido (y en ese caso tendrás que regresarlo al proveedor). Sé paciente e inténtalo varias veces hasta que tengas los suficientes organismos para tus experimentos. Recuerda que, si no cuentas con organismos vivos, no es posible continuar con la siguiente sección donde se harán los experimentos.

Para concluir

En este momento debes contar con suficientes organismos para realizar las pruebas de toxicidad. Si piensas que necesitas más, no lo dudes y eclosiona todos los que puedas. Incluso puedes darles de comer un poco de microalga; la venden líquida como suplemento alimenticio y se llama *Chlorella* sp. Solo alimenta a las artemias que no vayas a usar para las pruebas.



Actividad 3. Pruebas de toxicidad



Pregunta de investigación

¿Qué pasará si expongo a la artemia a productos de uso cotidiano?



Objetivo

Evaluar qué tan tóxicos son los productos de uso cotidiano en *Artemia franciscana*.



Lista de materiales

- Pasta de dientes, bloqueador solar, bebidas energizantes, jarabe, y medicamentos que personas adultas puedan donarte.
- Contenedores limpios de 100 ml (por ejemplo, frascos de tapa roja que se venden en las farmacias que se usan en los análisis clínicos; son estériles y están aforados, lo que facilitan su uso en las medidas para preparar las diluciones). En total necesitas 8 frascos: 1 frasco para colocar el tóxico, 1 frasco

para el medio salado y 1 frasco para el experimento control; 5 frascos para las diluciones del tóxico. Al término del primer experimento puedes lavarlos con agua y jabón, dejarlos secar e iniciar otro experimento una vez que se registraron los datos.

- Etiquetas autoadheribles que sean fáciles de retirar con agua y jabón.
- Cinta blanca de aislar para usarla como etiquetas; la consigues fácilmente en las ferreterías.
- Pluma o plumón permanente.
- Teléfono inteligente.
- Pipeta Pasteur desechable; las venden en las farmacias o en línea a precios muy accesibles.



Desarrollo

1. Selecciona el tóxico de tu preferencia y asigna un color a cada experimento, este color te ayudará a realizar el gráfico con listones de colores en la Actividad 4 (gráfico CL₅₀).



2. Si el tóxico es líquido, toma 1 ml (por ejemplo, perfume, bebida energizante); si es sólido o cremoso, pesa 1 gramo (por ejemplo, bloqueador solar, medicamentos). Agrega el mililitro o el gramo al frasco de tapa roja y cierra.
3. Etiqueta el frasco con el nombre del tóxico.
4. Ahora, destapa y agrega 99 ml de medio salado que preparaste anteriormente en la Actividad 1. Esta es tu solución *stock* de trabajo (testigo, como se observa en la **Figura 4**). En total tienes un frasco con 100 ml aproximadamente.
5. Ahora es tiempo de realizar tus diluciones de la siguiente manera.
 - Toma un frasco y coloca 10 ml de la solución testigo. Etiqueta el frasco como una solución al 100%. Experimento 1. Asigna un color este experimento.
 - Toma un frasco y coloca 7.5 ml de solución testigo y 2.5 ml de medio salado. Etiqueta el frasco como una solución al 75%. Experimento 2. Asigna un color este experimento.
 - Toma un frasco y coloca 5 ml de solución testigo y 5 ml de medio salado. Etiqueta el frasco como una solución al 50%. Experimento 3. Asigna un color este experimento.
 - Toma un frasco y coloca 2.5 ml de solución testigo y 7.5 ml de medio salado. Etiqueta el frasco como una solución al 25%. Experimento 4. Asigna un color este experimento.
 - Toma un frasco y coloca 1 ml de solución testigo y 9 ml de medio salado. Etiqueta el frasco como una solución al 10%. Experimento 5. Asigna un color este experimento.
 - Toma un frasco y coloca 10 ml de medio salado; no se colocará solución testigo. Etiqueta el frasco como una solución al 0%. Experimento control. Asigna un color este experimento.

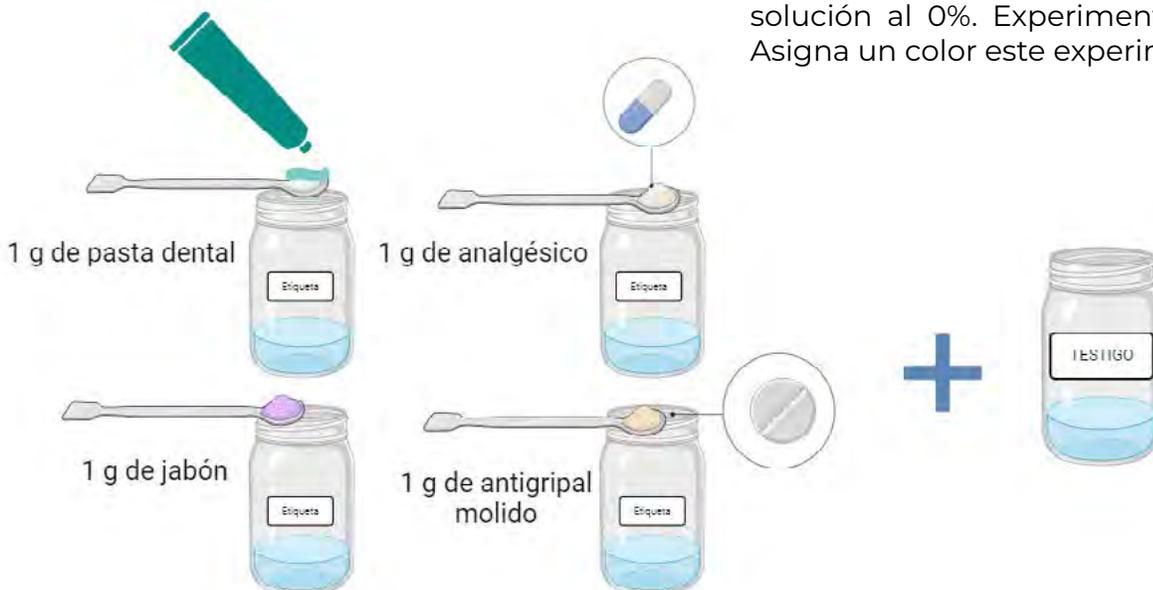


Figura 4. Preparación de las pruebas de toxicidad (Imagen elaborada en BioRender.com, por Chávez-Flores, 2023).



6. Una vez realizadas las diluciones del tóxico, agrega 10 artemias a cada frasco; asegúrate que estén vivas. Para ello, usa una pipeta Pasteur de plástico, deja los frascos tapados y en reposo por 24 horas.
7. Cuando transcurran las 24 horas, cuantifica el número de organismos vivos y muertos en cada experimento.
8. Debes observar a los individuos y comparar su movilidad contra el control. Cuenta cuántos hay vivos y cuántos hay muertos, y expresa tus resultados en porcentaje de **mortalidad**, es decir, si ves 5 vivos y 5 muertos, tienes un 50% de mortalidad debido al tóxico. El control es tu referencia, en el nadie muere, o en lenguaje científico, aceptamos un 10% de mortalidad de los controles.
9. Tomar fotos y videos, y escribir tus conclusiones.



Nota

Si todos mueren, hay que repetir el experimento y cambiar las dosis de exposición, es decir, la cantidad de tóxico que agregas. En vez de agregar 1 gramo, usa 0.5 o 0.25 gramos; en el caso contrario, donde todas las artemias estén vivas, aumenta la dosis, es decir, usa 2 o 3 gramos y repite todo desde el paso 3. La cantidad de experimentos que realices te dará indicios, resultados sobre la toxicidad de una sustancia.



Lo que debes saber

Una forma de asegurar que tus resultados son confiables en cualquier investigación o experimento, es llevar a cabo «buenas prácticas» en el procedimiento. Entonces, ten en cuenta lo siguiente:

- Asegúrate de tener el área de trabajo limpia y de uso exclusivo para la actividad.
- Ten listo todo el material que vayas a utilizar antes de iniciar.
- ¡Lávate bien las manos! Todas las veces que sea necesario.
- Todos los recipientes que vayan a estar bajo observación deben estar debidamente rotulados para que no haya posibilidad de confusión.
- Si se utiliza algún instrumento accesorio, como pinzas o pipetas, estas deben ser específicas para cada muestra para evitar la contaminación cruzada de muestras.



Para concluir

Ahora cuentas con resultados de toxicidad, porcentajes de mortalidad para cada concentración y cada tóxico. Es momento de hacer análisis de datos. Para ello identifica cuál fue la sustancia más y menos tóxica. Para ello, ve a la Actividad 4.

Recuerda que la mortalidad o el porcentaje de mortalidad está relacionado con la

dosis de exposición. Se espera que entre más alta es la dosis, se muere el 100% de las artemias; a veces, algunos tóxicos no son así, unas sustancias son más peligrosas que otras. Entonces esa es tu tarea, identificar cuáles son las sustancias más tóxicas para tus organismos de prueba. Y con ello, comprender y tomar conciencia de la contaminación ambiental del agua y los ecosistemas acuáticos.



Actividad 4. Gráfica de CL₅₀ y Juego Zooplanktástico



Pregunta de investigación

¿Cómo grafico mis valores de porcentaje de mortalidad? ¿Existen otras especies indicadoras?



Desarrollo

1. Juego Zooplanktástico.
 - Imprime el siguiente archivo, es un *link* de descarga permanente (<https://www.cicy.mx/Documentos/CICY/sitios/Divulgacion/Comics/2024/Juego-Zooplanktastico.pdf>). En él encontraras el Juego Zooplanktástico creado por el Dr. Jesús Alvarado-Flores, editado por Norma Marmolejo, en el cual podrás seguir todas las instrucciones.
2. Gráfico de porcentaje de mortalidad.
 - Corta un pedazo de cartón de unos 50 x 70 cm, fórralo con hojas blancas.
 - Con la ayuda de una regla, dibuja un cuadrante de un plano cartesiano: ejes X y Y. En el eje X estará el porcentaje de mortalidad, en el eje Y la dilución del tóxico; de esta manera, podrás identificar en el plano cartesiano los porcentajes de mortalidad de cada experimento, como se muestra en la **Figura 5**. Usa listones de colores y las clavijas de presión.



Objetivo

Realizar un gráfico del porcentaje de mortalidad y jugar el Juego Zooplanktástico con especies de microorganismos, para conocer la riqueza de especies que pueden usarse como indicadoras.



Lista de materiales

- Computadora.
- Impresora.
- Mesa o escritorio.
- Tijeras.
- Cartón.
- Papel cascarón u hojas blancas.
- Pegamento.
- Regla.
- Listones de colores.
- Clavijas de presión de colores para corcho o cartón.



- Identifica a qué concentración está el 50% de mortalidad y anótalo, también al 10% y al 100%; este es tu tablero de toxicidad. Cada tóxico que pruebes, gráfícalo allí y entenderás por qué una sustancia es más peligrosa que las otras.



Figura 5. Tablero de toxicidad de la mortalidad de los organismos expuestos a diferentes diluciones del tóxico. En este tablero se graficaron 8 tóxicos (diseñado y realizado por: Isabel Martínez Fabro y Karimme Elguera Trejo [Talento CICY 2023/Secundaria]).

CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO

Para evaluar la toxicidad de las sustancias se utilizan bioindicadores, como el microcrustáceo *Artemia franciscana*, que es fácil de cultivar y se desarrolla atravesando distintas etapas antes de convertirse en adulto.

Nota

Imprime el juego en opalina y a color para tener una mejor experiencia.



Lo que debes saber

Todas las imágenes que contiene el juego tiene derechos de autor y fueron publicadas por científicos y científicas, ilustradas y fotografiadas por ellos y ellas mismas. En las cartas están sus nombres; algunos descubrieron nuevas especies.



Para concluir

Usa tu imaginación y con tus amistades o familia crea un juego divertido de toxicología o de especies de zooplancton y compártelo con nosotros. Escríbeme al correo electrónico: jesus.alvarado@cicy.mx y podemos diseñarlo y registrarlo para futuros capítulos.

A través de la investigación, buscamos obtener resultados confiables que nos indiquen los posibles efectos tóxicos de diversas sustancias en el medio ambiente.



SOBRE LOS AUTORES Y AUTORAS

El **Dr. Jesús Alvarado-Flores** es un investigador originario de Aguascalientes. Sus áreas de estudio son la ecotoxicología y la biología del zooplancton. Coordina el Laboratorio de Ecotoxicología en la Unidad de Ciencias del Agua del CICY. Su objetivo es producir bases de datos sobre la diversidad de especies de zooplancton en la península de Yucatán y establecer indicadores para reconocer la conectividad biológica y la contaminación del agua. Más información sobre él, en: <https://www.cicy.mx/unidad-de-ciencias-del-agua/investigador/jesus-alvarado-flores>.

La **Biól. María Teresa Urbina Hidalgo** es originaria de Costa Rica. Actualmente realiza su maestría en el CICY en torno a la importancia de la participación de la comunidad en la protección de los ecosistemas, enfo-

cando su trabajo en el Área Natural Protegida Estatal Laguna Manatí. A lo largo de su carrera ha adquirido una sólida base de conocimientos y experiencias en la administración de Áreas Protegidas. Su pasión y compromiso por la conservación ambiental la impulsan a explorar y compartir su amor por la ciencia y la naturaleza.

La **Biól. Leonela Chávez Flores** es originaria de Cancún, Quintana Roo. Actualmente realiza su maestría en el CICY. Su tema de investigación tiene un componente experimental que gira en torno a la realización de pruebas de toxicidad del agua subterránea en organismos de *Philodina* cf. *roseola*, un rotífero de agua dulce. Anteriormente, desempeñaba su profesión en el ámbito de la consultoría ambiental. Le gusta bucear y hacer senderismo en la selva.



GLOSARIO

Artemia franciscana: organismo planctónico que mide de 8 a 12 mm de longitud en etapa adulta y 35 µm en la etapa naupliar. Presenta dimorfismo sexual. Generalmente habita en aguas salobres e hipersalinas, cuya concentración varía desde 5 g/L hasta 150 g/L. Es una especie originaria del continente americano.

Prueba de toxicidad: es la exposición controlada de organismos a sustancias puras o combinadas, lixiviados, extractos acuosos, aguas residuales industriales, municipales, agrícolas y aguas provenientes de cuerpos de agua, para evaluar su efecto tóxico.

Tóxico: es cualquier sustancia pura o combinada que, al entrar en contacto con un organismo, produce daños estructurales, alteraciones bioquímicas o fisiológicas o incluso la muerte, dependiendo de la concentración y del tiempo de exposición.

Toxicidad: capacidad intrínseca de una sustancia química para causar daño a los seres vivos, desde el organismo individual hasta el ecosistema.

Toxicología acuática: es el estudio cualitativo y cuantitativo de los efectos adversos producidos por productos químicos y materiales antropogénicos sobre los organismos acuáticos.



Medio de cultivo: método para la multiplicación de microorganismos en el que se prepara un medio óptimo para favorecer el proceso deseado. Un cultivo es empleado como un método fundamental para el estudio de microorganismos y su crecimiento bajo distintas condiciones.

Concentración: cantidad de una sustancia química presente en el medio (aire, agua o suelo) expresada en unidades de masa de la sustancia por unidad de masa o volumen del medio.

Mortalidad: tasa de muertes producidas en una población durante un tiempo dado, en general o por una causa determinada.

Quiste: es un estado de desarrollo embrionario en etapa de gástrula, protegido por una cubierta constituida por tres estructuras: corión, membrana cuticular externa y cutícula embrionaria. Los quistes tienen una masa de 2.8 a 4 µg. Miden 200 a 300 µm y son de color marrón claro. Cuando están deshidratados tienen la apariencia de balones desinflados y al hidratarse se tornan esféricos.

Salinidad: es la cantidad total de materia sólida en gramos disuelta en 1 kg de solución acuosa después de que todos los carbonatos se han convertido en óxidos, todos los bromuros y yoduros reemplazados por cloruros y toda la materia orgánica se ha oxidado.



REFERENCIAS

- Centro de Aprendizaje de Ciencias Genéticas. (2014, 1° de octubre). *Ciclo de vida de los camarones de salmuera*. Recuperado el 15 de junio de 2023. <https://learn.genetics.utah.edu/content/gsl/artemia>
- Díaz-Báez, C., Pica-Granados, Y., & Ronco, A. (2008). *Ensayos Toxicológicos para la Evaluación de sustancias químicas en agua y suelo*. La experiencia en México. Ed. SEMARNAT.
- Jaramillo-González, F., Rincón-Juárez, A. R., & Posadas del Rio, F. A. (2006). *Toxicología básica*. Textos Universitarios UAA.



4P

Observando el manglar desde el espacio

Ing. Karina Elizabeth González Muñoz

M. C. Víctor Alexis Peña Lara

M. C. Luis Ángel Hernández Martínez

M. C. Fernando Tun Dzul

Dr. José Luis Hernández Stefanoni

Unidad de Recursos Naturales
(Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica y Percepción Remota)

Descripción

Las y los participantes adquirirán conocimientos básicos y desarrollarán habilidades para consultar y utilizar imágenes de la cobertura terrestre tomadas por satélites. Para ello, usarán la plataforma de procesamiento **Google Earth Engine**, donde se diseñará una serie de instrucciones para conocer la cobertura del **manglar**.

Objetivo general

Aprender a consultar y procesar **imágenes de satélite** a través de herramientas de cómputo gratuitas para conocer la distribución de los manglares en un área de la península de Yucatán.



Materias afines

- Geografía.
- TICs.
- Ciencia y tecnología.
- Ecología.

¿Qué vas a aprender?

- La importancia de los manglares.
- Los conceptos básicos de la **percepción remota**.
- Uso de la herramienta Google Earth Engine.
- Generación de un mapa de la cobertura de manglar.

Pregunta inicial

¿Cómo puedo conocer la superficie del manglar que hay en un sitio?



PANORAMA GENERAL DEL TEMA

Los manglares son ecosistemas únicos que se encuentran en la zona costera, entre el mar y la tierra. Estos bosques desempeñan un papel fundamental al proporcionar una amplia gama de **servicios ecosistémicos** vitales, tanto para el medio ambiente como para las comunidades humanas. Entre estos servicios que proporcionan se incluye su función como refugio y hogar para numerosas especies, así como su importante papel en la protección contra tormentas y huracanes al funcionar como una barrera natural que disminuye la fuerza de las olas y protege las áreas costeras. Además, los manglares son una fuente de alimento para diversos organismos marinos, como peces y crustáceos, que dependen de ellos durante su ciclo de vida (Velázquez-Salazar, 2021).

Por otro lado, como beneficios indirectos, los manglares desempeñan un papel crucial en la mitigación del cambio climático. Tienen la capacidad de almacenar grandes cantidades de carbono, incluso más que los bosques tropicales. Esta capacidad de almacenamiento de carbono, especialmente por su ubicación cerca de la costa, se conoce como «carbono azul» (Herrera Silveira et al., 2016). Sin embargo, a pesar de su importancia, los manglares enfrentan diversas amenazas que ponen en riesgo su

supervivencia. Estas amenazas son: el crecimiento urbano, la ganadería, la agricultura intensiva, la contaminación y el cambio climático; factores que contribuyen a la pérdida y degradación de los manglares en muchas partes del mundo (López-Portillo et al., 2002).

Para comprender mejor la situación de los manglares y tomar medidas efectivas para su conservación, es crucial contar con información precisa sobre su distribución y extensión. En este sentido, la percepción remota, que implica el uso de imágenes de satélite para obtener datos sobre la superficie terrestre, se ha convertido en una herramienta esencial. Estas imágenes almacenan una gran cantidad de información en los píxeles que las conforman. Para procesar y analizar esta información, existen diferentes plataformas disponibles, como ArcGIS, QGIS, RStudio y Google Earth Engine (GEE).

En particular, GEE ofrece la posibilidad de utilizar imágenes del satélite Sentinel, desarrolladas por la Agencia Espacial Europea (ESA), que brindan datos gratuitos y de alta calidad para la monitorización de la Tierra. Estas imágenes son especialmente útiles en el estudio de los manglares debido a su



alta resolución espacial y temporal. Permiten identificar con precisión los manglares y distinguirlos de otros tipos de cobertura del suelo. Además, la misión Sentinel proporciona una cobertura global regular, lo que significa que se pueden obtener imágenes de los manglares en diferentes momentos y con la frecuencia necesaria para el monitoreo y seguimiento (Perilla et al., 2020).

Al combinar las imágenes de satélite Sentinel con herramientas de **análisis espacial**, como la **clasificación supervisada**, es posible realizar estudios detallados para saber qué porcentaje de área están ocupando los manglares (Borràs et al., 2017). Esto resulta especialmente relevante en el caso de los manglares en la península de Yucatán,

México, donde desempeñan un papel vital en la protección contra huracanes y son una fuente importante de ingresos a través del turismo. Entonces, la percepción remota se vuelve indispensable para determinar el porcentaje de distribución de los manglares, ya que realizar mediciones en campo sería una tarea costosa y llevaría mucho tiempo.

De esta manera, el uso de imágenes de satélite y plataformas como GEE nos permite obtener una visión más completa de la distribución espacial de los manglares. Esta información es fundamental para tomar decisiones informadas y desarrollar estrategias de manejo adecuadas que promuevan la conservación de estos valiosos bosques.



PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

Este proyecto tiene como finalidad despertar tu interés en la percepción remota y enseñarte cómo utilizarla para estudiar la vegetación, particularmente para conocer el porcentaje de extensión de diferen-

tes coberturas de suelo, especialmente los manglares. Pensando en ti, preparamos este sencillo ejercicio que te llevará de la mano para adentrarte en este fascinante mundo.



DESARROLLO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



Actividad 1. Introducción a la percepción remota.



Pregunta de investigación

¿Qué es la percepción remota?



Objetivo

Introducir a las y los estudiantes a los conceptos fundamentales de la percepción remota y mostrarles de manera práctica y relevante, explicando los principios básicos de la adquisición de datos remotos por medio de sensores.



Lista de materiales

- Cuaderno.
- Lápiz.
- Computadora con acceso a internet.



Desarrollo

- **Familiarízate con el tema:** lee atentamente el texto proporcionado, prestando atención a los conceptos clave como «percepción remota» y «teledetección». Comprende la definición y el propósito de esta disciplina científica.
- **Identifica los elementos involucrados:** toma nota de los diferentes componentes de la percepción remota, como los sensores ubicados en plataformas (satélites, aviones, drones), los objetos y fenómenos de la Tierra que se estudian, y la luz visible y no visible que se refleja, emite o absorbe.
- **Comprende la captura de datos:** aprende sobre cómo funcionan los sensores en la percepción remota. Entiende que los sensores capturan la energía electromagnética y la dividen en diferentes tipos según su ubicación en el espectro electromagnético.
- **Conoce los tipos de sensores:** aprende acerca de los sensores pasivos y activos. Comprende que los sensores pasivos capturan la energía del

Sol y se dividen en pancromáticos, multiespectrales e hiperespectrales, cada uno proporcionando información específica.

- **Explora el satélite Sentinel-2:** familiarízate con las características y ventajas del satélite Sentinel-2. Aprende sobre su resolución espacial, cobertura global y frecuencia de captura de imágenes. Además, puedes conocer sus 13 bandas espectrales que proporcionan información detallada sobre la superficie terrestre.
- **Reflexiona sobre la importancia de la percepción remota:** considera las aplicaciones prácticas de la percepción remota en el estudio del medio ambiente y la gestión de los recursos naturales. Reflexiona sobre cómo esta disciplina puede ayudarnos a comprender y preservar nuestro planeta.



Nota

Recuerda que al realizar la lectura es importante tomar notas, subrayar conceptos clave y buscar definiciones o ejemplos adicionales si es necesario para una mejor comprensión del tema.



Lectura: Percepción remota

La percepción remota o también llamada teledetección, es una disciplina/ciencia que consiste en obtener información de un objeto, área o fenómeno del planeta Tierra a distancia, incluso cuando se encuentra lejos de nosotros. La percepción remota se realiza mediante el uso de sensores que se ubican en plataformas, como los satélites, aviones o drones. Los sensores registran la luz, tanto visible como no visible, proveniente del Sol y que es reflejada, emitida o absorbida por los diferentes objetos y coberturas de la superficie terrestre como el agua, el suelo y la vegetación.

La información registrada por los sensores en el proceso de percepción remota se almacena generalmente en forma de imágenes digitales. Estas imágenes están formadas por muchos «cuadritos» pequeños llamados píxeles. Cada uno de estos píxeles tiene un número que nos ayuda a saber cuánta energía es reflejada o emitida por los objetos en la superficie terrestre (reflextancia). Los números que encontramos en las imágenes nos pueden brindar información valiosa sobre el estado de salud de la vegetación, la cantidad que ha disminuido o la presencia de agua en diferentes áreas, entre otras cosas.

Tipos de sensores

Un sensor es un dispositivo que detecta cambios en el entorno y los convierte en información útil. Hay muchos tipos de sensores, como el sensor de luz en nuestros teléfonos, que ajusta automáticamente el

brillo de la pantalla según la iluminación del entorno, o bien, los sensores en los satélites que nos ayudan a entender nuestro planeta.

Los sensores en los satélites capturan información utilizando la energía electromagnética que se divide en diferentes tipos según su ubicación en el espectro electromagnético. Los sensores tienen diferentes configuraciones para capturar rangos específicos del espectro, que posteriormente son almacenados en diferentes bandas.

Existen dos tipos de sensores: pasivos y activos. Los sensores pasivos capturan la energía del Sol y se dividen en tres categorías: pancromáticos (una banda, imágenes en blanco y negro), multiespectrales (una banda para cada región de energía) e hiperespectrales (cientos de bandas para obtener información más detallada). Por otra parte, los sensores activos emiten su propia energía.

El satélite Sentinel-2, es una constelación de satélites creados por la Agencia Espacial Europea; es especialmente útil, ya que ofrece imágenes con una alta resolución espacial de 10 metros en la mayoría de sus bandas. Tiene una cobertura global y captura imágenes cada 5 días. Con sus 13 bandas espectrales, proporciona información detallada sobre la superficie terrestre, lo cual es muy útil para estudiar el medio ambiente y gestionar nuestros recursos naturales.



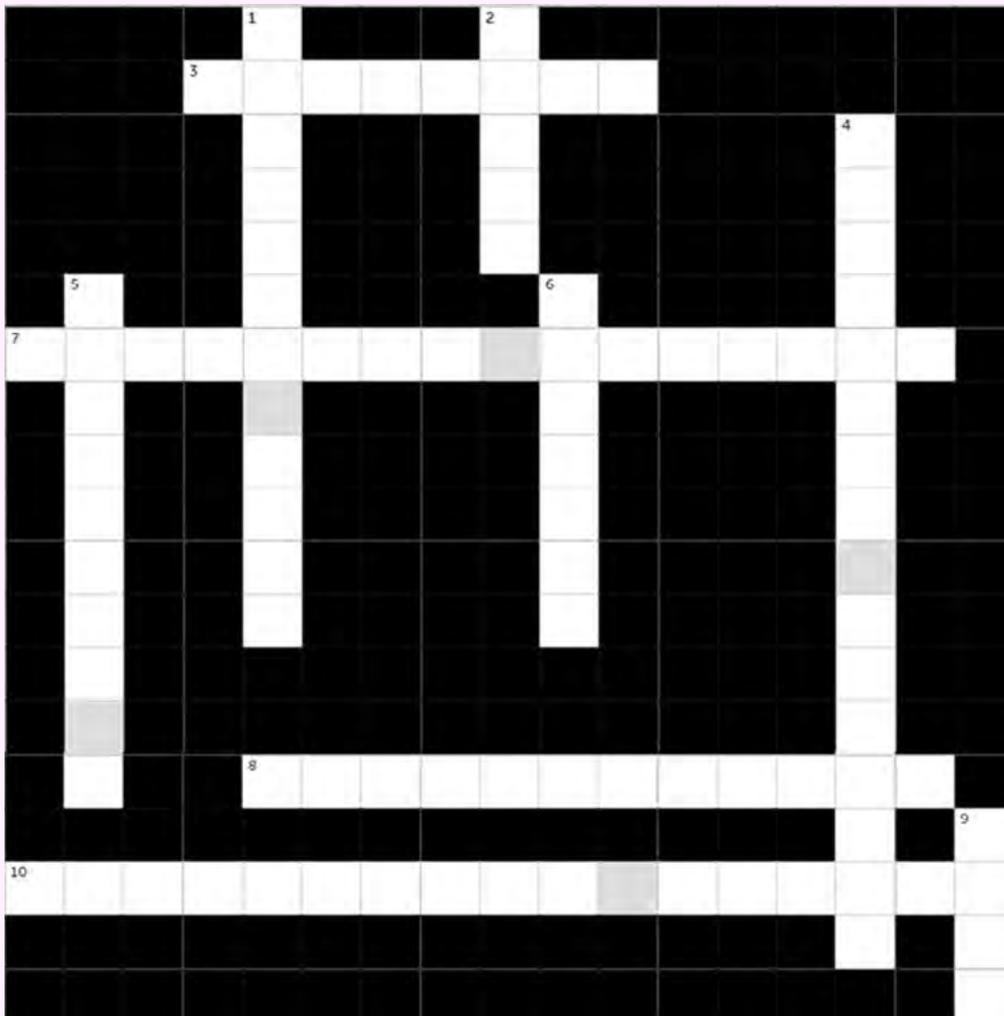
Completa el crucigrama

Horizontal

- 3.** Plataforma espacial que orbita el planeta y captura imágenes.
- 7.** Sensores que emiten su propia energía.
- 8.** Medida de la energía reflejada por los objetos en la superficie terrestre.
- 10.** Ciencia que permite estudiar los objetos sin entrar en contacto con ellos.

Vertical

- 1.** Carbono almacenado en los humedales, incluidos los bosques de manglar.
- 2.** Es la unidad mínima que contiene información en una imagen.
- 4.** Sensores que captan la energía reflejada por los objetos.
- 5.** Constelación de satélites creados por la Agencia Espacial Europea.
- 6.** Bosque inundado que se localiza cerca de las costas.
- 9.** Representación de la superficie terrestre en un plano.





Actividad 2. Conociendo la plataforma Google Earth Engine (GEE)



Pregunta de investigación

¿Cuáles son las aplicaciones de la plataforma GEE?



Objetivo

Que las y los estudiantes se familiaricen con GEE, adquiriendo habilidades básicas en el uso y navegación de la plataforma.



Lista de materiales

- Computadora con acceso a internet



Desarrollo

¿Qué es Google Earth Engine?

Google Earth Engine (GEE) es una plataforma de acceso libre creada para brindar a las y los usuarios la posibilidad de procesar una gran cantidad de datos utilizando la capacidad de cómputo de Google. Se creó en el año 2010 y actualmente aloja una gran cantidad de productos de sensores remotos, como son las imágenes de los satélites Sentinel o Landsat (Gorelick et al., 2017).

En GEE se permite llevar a cabo diversos tipos de análisis, como son: clasificar tipos de vegetación, monitorear la deforestación o evaluar el efecto de los incendios forestales. Para ello, puede aprovecharse la vasta colección de productos de sensores remotos disponibles en la plataforma, cuyo procesamiento no depende de la capacidad de la computadora del usuario (*hardware*).

Para acceder a GEE debe realizarse un registro y solicitar la creación de una cuenta

(Figura 1). Es necesario ingresar en la siguiente liga: <https://code.earthengine.google.com/register>, y llenar los campos requeridos. Debe solicitarse una cuenta con fines académicos y sin fines de lucro para que el servicio sea gratuito.

Figura 1. Creación de la cuenta (imagen generada en Google Earth Engine en 2023).

Componentes de Google Earth Engine

Una vez abierto Google Earth Engine, se observan cuatro pantallas (Figura 2): la pantalla de repositorios, la pantalla de rutinas, la pantalla de mapa y la pantalla de control.

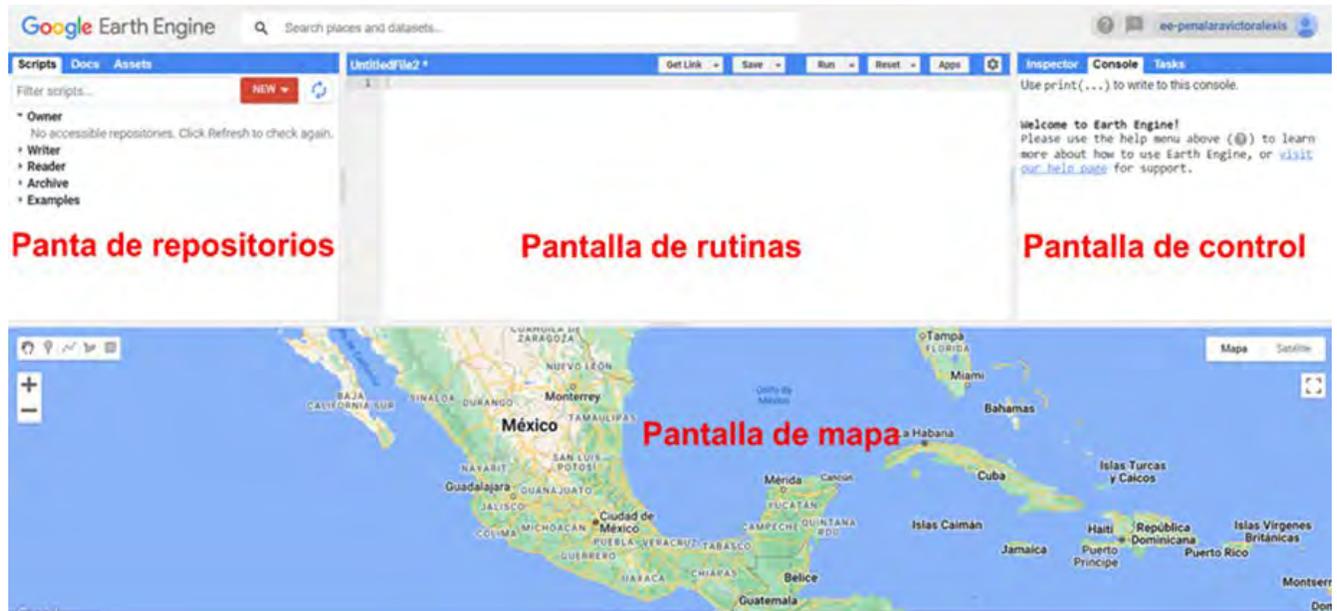


Figura 2. Vista inicial de la API (imagen generada en Google Earth Engine en 2023).

Pantalla de repositorios (Figura 3)

- *Scripts* (A): en este espacio se guardan y ordenan las rutinas o los códigos del usuario. En esta sección/apartado también se pueden crear repositorios y carpetas para ordenar y guardar los códigos.
- *Owner* (Propietario) (B): en esta sección se guardan los códigos creados por el usuario.
- *Writer* (Editor) (C): en esta sección se guardan los códigos compartidos por otros usuarios, pero que estamos autorizados para modificar.
- *Reader* (Lector) (D): en esta sección se guardan los códigos compartidos por otros usuarios, pero que no estamos autorizados a modificar.
- *Archive* (Archivo) (E): en esta sección se pueden guardar códigos que ya no se utilicen, pero que se desean conservar.
- *Examples* (Ejemplos) (F): en esta sección se pueden consultar ejemplos para hacer algunas tareas.



Figura 3. Panel de los códigos y las opciones disponibles dentro de la pestaña «Nuevo» (imagen generada en Google Earth Engine en 2023).



- *Docs* (Documentación): en esta sección se encuentra la documentación de Google Earth Engine; en ella se pueden consultar los métodos y códigos que ya han sido preprogramados (**Figura 4**).

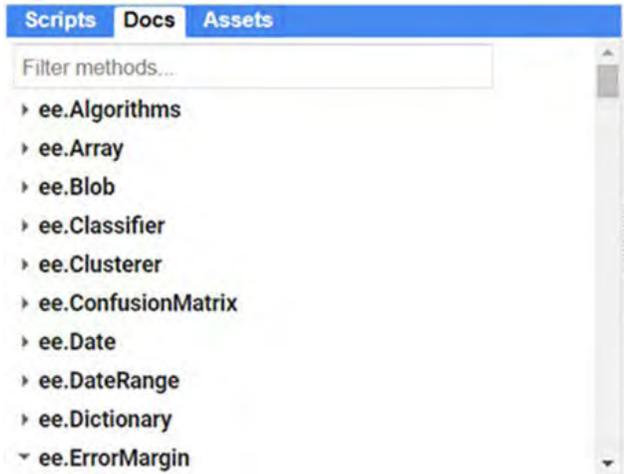


Figura 4. Panel de la documentación (imagen generada en Google Earth Engine en 2023).

- *Assets*: en esta sección se almacena toda la información que el usuario sube y guarda para ser utilizada en la plataforma de Google Earth Engine (**Figura 5**).

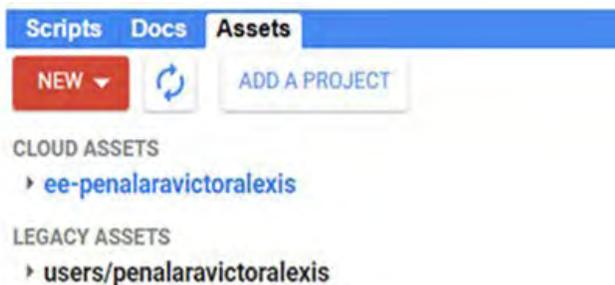


Figura 5. Vista de la carpeta en la que se almacenará la información (imagen generada en Google Earth Engine en 2023).

Pantalla de rutinas (Figura 6)

En esta sección se escribirán las rutinas o códigos por parte del usuario.

- *Get Link* (A): sirve para que el usuario pueda compartir el código o la rutina mediante una liga.
- *Save* (B): permite guardar el código o rutina.
- *Run* (C): sirve para correr de principio a fin el código o la rutina que tenga en la pantalla.
- *Reset* (D): sirve para borrar todo el código o rutina escrita en la pantalla.
- *Apps* (E): sirve para crear aplicaciones con el código o rutina que se encuentra en la pantalla.
- Este botón (F) sirve para activar o desactivar líneas del código o rutina, así como para autocompletar símbolos.
- *Search* (G): Barra de búsqueda que permite localizar fuentes de datos para usar en el código o rutina, así como consultar los metadatos, bandas y demás características de un ráster.

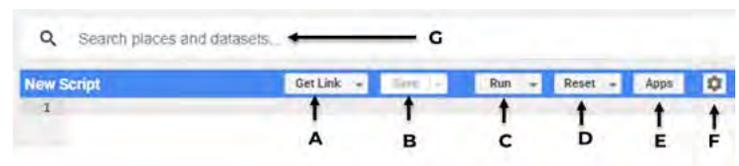


Figura 6. Vista del panel rutinas o códigos (*Scripts*) (imagen generada en Google Earth Engine en 2023).

Pantalla de mapa (Figura 7)

Esta sección permite dibujar puntos, polígonos, líneas o rectángulos en una capa o mapa. También, permite añadir un mapa base de Google Maps o Google Earth.

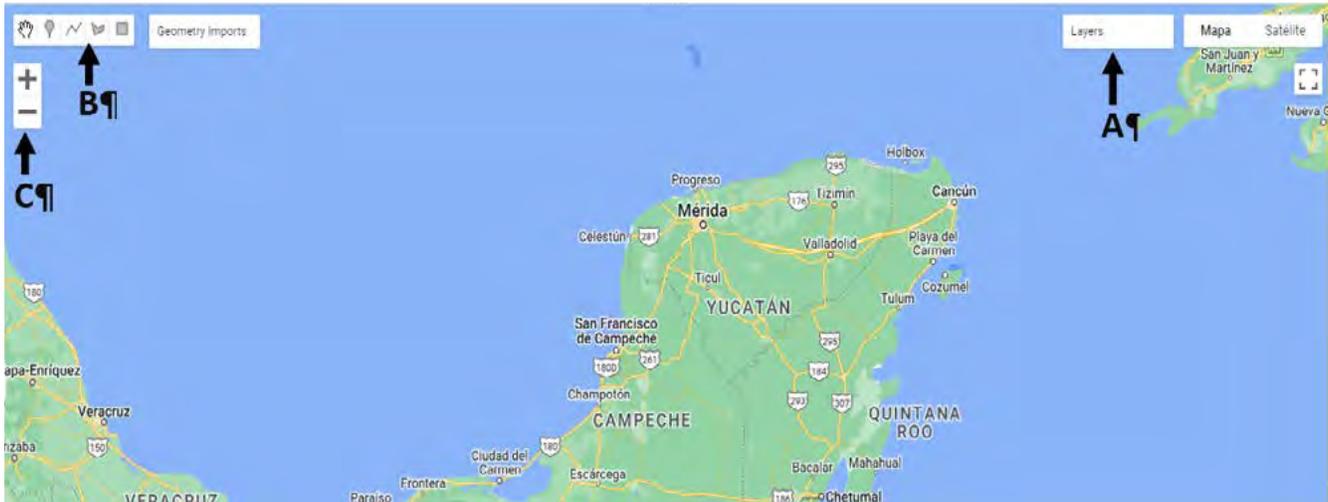


Figura 7. Vista de la pantalla de mapa (imagen generada en Google Earth Engine en 2023).

- Gestor de capas (A): permite activar o desactivar las capas que se están mostrando en la pantalla, así como modificar las características como la transparencia, el color o algún otro parámetro para mejorar su visualización.
- Herramientas (B): permite dibujar y visualizar puntos, polígonos, líneas o rectángulos.
- Zoom (C): permite alejarnos y acercarnos al mapa.

Pantalla de control (Figura 8)

- *Inspector*: permite conocer la ubicación y los valores de las capas al hacer clic en un punto de interés.
- *Console*: permite ver los errores al correr un código o tarea. También, se

puede mostrar la información de objetos o gráficos.

- *Tasks*: permite conocer las tareas que se están realizando, las tareas que se han exportado o importado, cuando se finalice una tarea el tiempo y que tomó para realizarla.

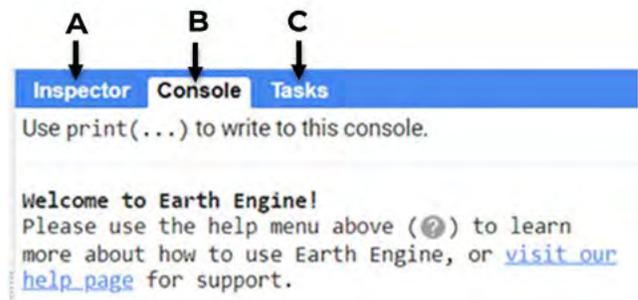
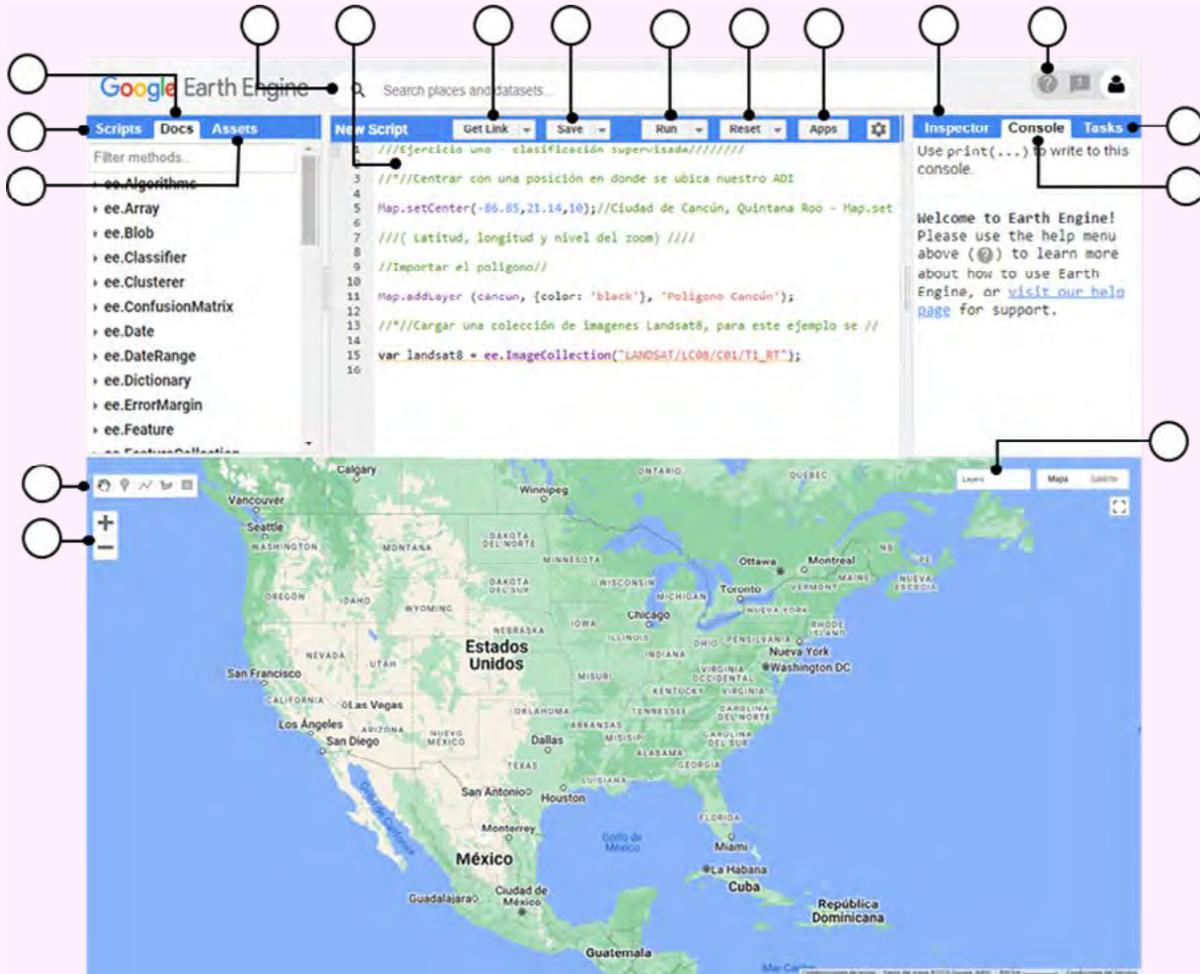


Figura 8. Vista de la pantalla de control (imagen generada en Google Earth Engine en 2023).



Utilizando la siguiente imagen y los elementos enumerados en la tabla, poner el número que corresponda de cada indicación de la tabla en los círculos en blanco de la interfaz de Google Earth Engine.



- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> 1 Espacio donde se guardan y ordenan las rutinas. 2 Área donde se va a escribir el código. 3 Borra todo el código. 4 Permite ver los errores al correr un código o tarea. 5 Se pueden consultar todos los métodos y algoritmos. 6 Ayuda a compartir el código. 7 Crea aplicaciones a partir del código. 8 Se consultan los valores de las capas en el mapa. | <ul style="list-style-type: none"> 9 Nos ayuda a subir y guardar información. 10 Corre de principio a fin el código. 11 Barra de búsqueda. 12 Permite guardar el código. 13 Nos permite alejarnos y acercarnos al mapa. 14 Se muestra las tareas exportadas. 15 Nos ayuda a resolver preguntas. 16 Dibujar y visualizar puntos, polígonos, líneas o rectángulos. 17 Permite prender y apagar las capas en el mapa. |
|--|---|



Actividad 3. Conociendo la cobertura de manglar (clasificación supervisada)

Pregunta de investigación

¿Cuál es el porcentaje de cobertura del bosque de manglar en la zona de Río Lagartos?

Objetivo

Que las y los estudiantes utilicen la plataforma de Google Earth Engine para realizar una clasificación supervisada y determinar el porcentaje de cobertura de bosque de manglar en la zona de Río Lagartos.

Lista de materiales

- Computadora con acceso a internet

Desarrollo

Código para la clasificación supervisada en un bosque de manglar utilizando la plataforma Google Earth Engine

El siguiente código lo debes de copiar y pegar en la pantalla de rutinas de Google Earth Engine; cada paso se encuentra explicado.

PASO 1: delimitar el área que queremos estudiar. Para hacerlo, usaremos las herramientas de geometría disponibles en la pantalla del mapa. Puedes cambiar el mapa a vista satelital (**Figura 9**).

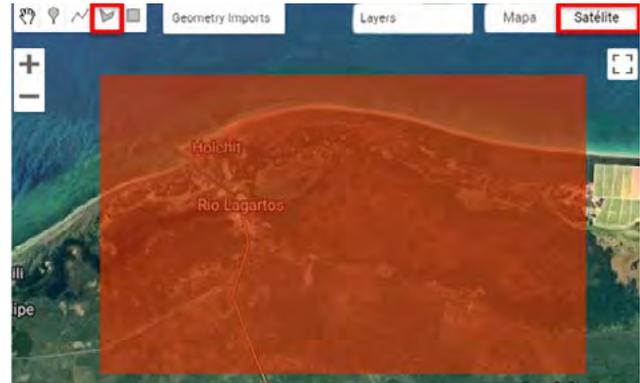


Figura 9. Delimitación del área (imagen generada en Google Earth Engine en 2023).

PASO 2: consultar y filtrar la colección de imágenes Sentinel 2. Para hacerlo, deberás de poner lo siguiente en la pantalla de rutinas.

```
var img = ee.ImageCollection("COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED")
    .filterBounds(area) // Se filtra a las imágenes que cubren el área de interés
    .filterDate('2022-01-01', '2022-12-31') // Se selecciona un periodo de tiempo que se quiere estudiar
    .sort('CLOUD_COVERAGE_ASSESSMENT') // Se ordenan de forma ascendente por % de cobertura de nubes
    .select(['B2', 'B3', 'B4', 'B8', 'B11', 'B8A'])
    .median()
    .clip(area);
print(img, 'Imagen S2 de área de estudio');
```

PASO 3: cargar al mapa una composición en falso color para resaltar las coberturas de vegetación. Para hacer esta composición se utilizarán las bandas 8, 3 y 2, como se muestra a continuación (**Figura 10**).

```
Map.addLayer(img, { bands: ['B8', 'B3', 'B2'], min: 0, max: 5000 }, 'Composición en Falso Color');
```

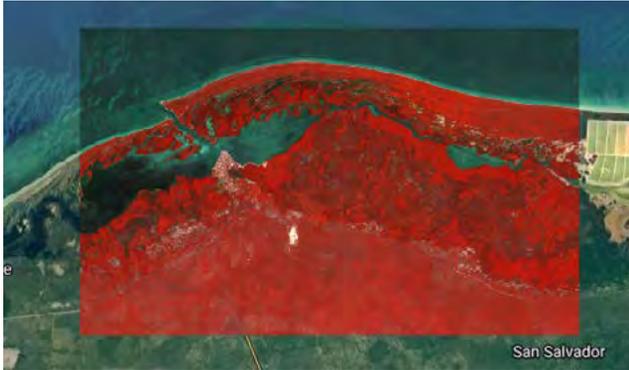


Figura 10. Imagen en falso color (imagen generada en Google Earth Engine en 2023).

PASO 4: crear los puntos de entrenamiento.

En la pantalla del mapa se generará una nueva capa dentro de «Geometry Imports». Utilizando la herramienta de geometría, agregaremos marcadores para cada punto de entrenamiento (**Figura 11 A**). Un punto de entrenamiento actúa como un identificador de características en la imagen, como, por ejemplo, la vegetación o los cuerpos de agua. Para modificar el nombre y la configuración de la nueva capa, accederemos a la sección de herramientas (**Figura 11 B**).

Es importante cambiar el nombre de la capa de acuerdo con el tipo de **cobertura de suelo** que se representará en la imagen. En este ejemplo, usaremos «agua» como nombre, evitando el uso de espacios o signos de puntuación. Luego, cambiaremos el tipo de importación a «Feature Collection» y agregaremos propiedades a la nueva capa. La propiedad se denominará «Clases», y el valor corresponderá al número de capa que se esté creando. Por ejemplo, en el caso de «agua» como primera capa, se le asignaría el número 1. También puedes personalizar el color.

A continuación, seleccionarás la capa y añadirás marcadores en los lugares donde se

encuentren los objetos que deseas diferenciar. El número de marcadores será a tu elección. Repetirás este proceso para cada una de las capas que necesites crear (**Figura 11**).



Figura 11. Puntos de entrenamiento generados en Google Earth Engine. A) Herramienta que nos ayuda a añadir marcadores en el mapa, y B) generación de capas, las cuales podemos modificar (imagen generada en Google Earth Engine en 2023).

PASO 5: unir los puntos de entrenamiento en una `ee.FeatureCollection`. En la pantalla de rutinas debes de unir los puntos de entrenamiento que creaste, en este caso fue: agua, manglar, asentamientos, otraveg y suelodesnudo.

```
var clases = agua
  .merge(manglar)
  .merge(asentamientos)
  .merge(otraveg)
  .merge(suelodesnudo);
print(clases, 'Clases');
// Map.addLayer(clases, {color:"blue"}, 'Clases');
```

PASO 6: dividir los datos en conjuntos de entrenamiento y validación. En la pantalla de rutinas: la división de los datos en conjuntos de entrenamiento y validación se realiza mediante las operaciones de filtrado y el uso de la función `randomColumn`.



```
var datawithColumn = clases.randomColumn('random');
var split = 0.7; // establecemos el umbral para dividir los datos.
var trainingData = datawithColumn.filter(ee.Filter.lt('random', split));
var validationData = datawithColumn.filter(ee.Filter.gte('random', split));
print(trainingData, 'trainingData');
Map.addLayer(trainingData, {}, 'trainingData');
print(validationData, 'validationData');
```



Figura 12. Creación de puntos de entrenamiento y validación (imagen generada en Google Earth Engine en 2023).

PASO 7: extraer los valores de las bandas en la posición de cada punto. En la pantalla de «Rutinas» puedes extraer los valores de las bandas utilizando la función `img.sampleRegions` y la colección de puntos de entrenamiento.

```
var training = img.sampleRegions({
  collection: trainingData,
  properties: ['clases'],
  scale: 2,
  geometries: true
});
// training = ee.FeatureCollection(training);
print(training, 'Training con valores de bandas');
Map.addLayer(training, {}, 'Training con valores de bandas');
```

PASO 8: hacer la clasificación en la pantalla de «Rutinas»; realiza utilizando el **algoritmo** de clasificación `ee.Classifier.smileCart().train`.

```
var trained = ee.Classifier.smileCart().train(training, 'clases', img.bandNames());
var classified = img.classify(trained);
print(classified);
```

PASO 9: visualizar la imagen clasificada. En la pantalla del mapa puedes visualizar la imagen clasificada utilizando la función `Map.addLayer`.

```
Map.addLayer(classified, {
  min: 1,
  max: 5,
  palette: ['#007A99', '#005000', '#FFFCFC', '#666600', '#F3E3B2']
}, 'CLASIFICACIÓN SUPERVISADA');
```

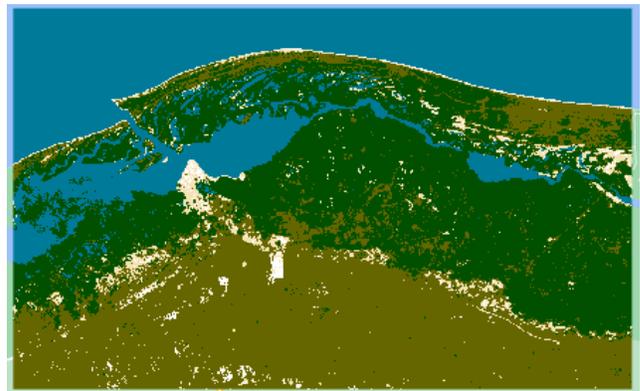


Figura 13. Área de estudio clasificada con los puntos de entrenamiento que se crearon generados en Google Earth Engine (imagen generada en Google Earth Engine en 2023).

PASO 10: precisión con los puntos de validación se obtienen de la clasificación utilizando la función `classified.sampleRegions`.

```
var validation = classified.sampleRegions({ collection: validationData, properties: ['clases'], scale: 30 });
```



PASO 11: obtención de matriz de confusión basada en datos de validación utilizando la función `validation.errorMatrix` (**Figura 14**).

```
var testAccuracy = validation.errorMatrix('clases',
'classification');
print('Validation Confusion Matrix:', testAccuracy);
```

```
Validation Confusion Matrix:
List (8 elements)
 0: [0,0,0,0,0,0,0,0]
 1: [0,9,0,0,0,0,0,0]
 2: [0,0,9,0,0,0,0,0]
 3: [0,0,0,0,0,0,0,2]
 4: [0,0,0,0,0,0,0,0]
 5: [0,0,0,0,0,15,0,1]
 6: [0,0,0,0,0,0,0,0]
 7: [0,0,0,0,0,1,0,4]
```

Figura 14. Representación visual de la matriz de confusión obtenida a través de datos de validación generada en Google Earth Engine.

PASO 12: evaluar la precisión general de la clasificación basada en datos de validación (**Figura 15**), utilizando la función `testAccuracy.accuracy`.

```
print('Precisión general de la validación:', testAccuracy.accuracy());
```

```
Precisión general de la validación:
0.9024390243902439
```

Figura 15. Análisis de la precisión general de la clasificación utilizando datos de validación generada en Google Earth Engine.

PASO 13: valor kappa de clasificación basado en datos de validación (**Figura 16**), se obtiene utilizando la función `testAccuracy.kappa`.

```
print('Validación-Kappa:', testAccuracy.kappa());
```

```
Área por clase en hectáreas:
Object (7 properties)
  Asentamientos: 124.41912523638456
  Cuerpos de agua: 4260.788596858137
  Manglar: 5045.380519075947
  Otra vegetación: 4966.185974780978
  Suelo desnudo: 498.79744298612593
```

Figura 16. Medición del valor Kappa de clasificación usando datos de validación generada en Google Earth Engine.

PASO 14: Renombrar las clases. En la pantalla de «Rutinas», se renombran las clases utilizando la función `classified.eq().rename`.

```
var nombre = ['Cuerpos de agua', 'Manglar', 'Asentamientos', 'Otra vegetación', 'Suelo desnudo'];
var renombre = classified.eq([1, 2, 3, 4, 5]).rename(nombre);
print(renombre, 'clases');
```

PASO 15: calcular el área de las clases en hectáreas. En la pantalla de «Rutinas», se calcula el área utilizando la función `reduceRegion` (**Figura 17**).

```
var area1 = renombre.multiply(ee.Image.pixelArea()).divide(10000);

var areaporclase = area1.reduceRegion({
  reducer: ee.Reducer.sum(),
  scale: 10,
  geometry: area,
  maxPixels: 1e12
});

var areatotal = ee.Number(areaporclase);
print('Área por clase en hectáreas:', areatotal);
```



```

Área por clase en hectáreas:
Object (7 properties)
  Asentamientos: 124.41912523638456
  Cuerpos de agua: 4260.788596858137
  Manglar: 5045.380519075947
  Otra vegetación: 4966.185974780978
  Suelo desnudo: 498.79744298612593
    
```

Figura 17. Estimación del área en hectáreas para cada clase (imagen generada en Google Earth Engine en 2023).

PASO 16: realizar un gráfico de pastel (**Figura 18**) utilizando la función `Chart.array.values`.

```

var a = ee.Array(areaporclase.get('Cuerpos de agua'));
var b = ee.Array(areaporclase.get('Manglar'));
var c = ee.Array(areaporclase.get('Asentamientos'));
var d = ee.Array(areaporclase.get('Otra vegetación'));
var e = ee.Array(areaporclase.get('Suelo desnudo'));
var array = ee.List([a, b, c, d, e]);
var Nombres = ee.List(nombre);
var colores = ee.List(['#007A99', '#005000', '#FFF-CFC', '#666600', '#F3E3B2']);
var grafico = Chart.array.values(array, 0, Nombres).setChartType('PieChart')
  .setOptions({ is3D: true, colors: ['#007A99', '#005000', '#FFF-CFC', '#666600', '#F3E3B2'] });
    
```

Imprimir el gráfico

```
print('Cobertura relativa (%) de las clases:', grafico);
```

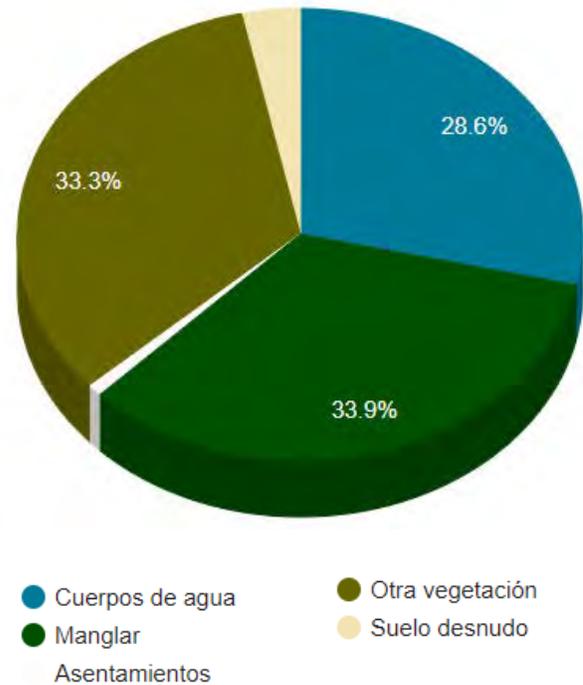


Figura 18. Porcentaje de cobertura por clase en la clasificación supervisada: representación gráfica de la distribución de áreas para cada categoría.

CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO

Es crucial aprovechar las nuevas tecnologías para conocer el estado de nuestros bosques y tomar acciones de restauración donde falte vegetación. Todos y todas podemos jugar un papel importante al

generar información y concientizar sobre la importancia de nuestros bosques y su conservación. Juntos y juntas podemos marcar la diferencia en la protección de nuestros recursos naturales.



SOBRE LOS AUTORES Y AUTORAS

Karina González Muñoz es ingeniera forestal por la Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Actualmente es estudiante de maestría en el Centro de Investigación Científica de Yucatán. Su formación se enfoca en el uso de herramientas de Sistemas de Información Geográfica y Percepción Remota para el estudio de la vegetación de los manglares. Ha participado en congresos nacionales y uno internacional en la temática de manglares y sistemas de información geográfica.

Víctor Alexis Peña Lara es biólogo por la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. En el año 2022 obtuvo el grado de maestro en Ciencias por el Centro de Investigación Científica de Yucatán. Actualmente, se encuentra realizando su doctorado en el mismo centro de investigación. Su proyecto de doctorado se enfoca en la modelación espacial de las diversidades taxonómica, funcional y filogenética de plantas en la península de Yucatán utilizando sensores remotos.

Luis Ángel Hernández es biólogo y maestro en Ciencias por la Universidad Juárez del Estado de Durango. En su trayectoria ha participado en diversos proyectos de investigación y en la publicación de folletos técnicos, artículos científicos y capítulos de libro. Actualmente es estudiante de doctorado en el Centro de Investigación Científica de Yucatán, donde desarrolla un proyecto enfocado a la modelación espacial de la diversidad de plantas y su relación con los servicios ecosistémicos.

Fernando Jesús Tun Dzul es biólogo y maestro en Ciencias, con formación en ecología vegetal, tipos de vegetación y análisis del paisaje. Se encuentra adscrito al Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica y Percepción Remota de la Unidad de Recursos Naturales del Centro de Investigación Científica de Yucatán. Sus temas de investigación son la ecología y monitoreo de comunidades vegetales, los sistemas de información geográfica y la ecología del paisaje, principalmente en análisis y descripción de la vegetación de la península de Yucatán.

José Luis Hernández-Stefanoni es ingeniero forestal por la Universidad Autónoma Chapingo, maestro en Ciencias en Cómputo Aplicado por el Colegio de Postgraduados y doctor por Trent University en Peterborough, Ontario, Canadá. Es Investigador Titular C del Centro de Investigación Científica de Yucatán, Nivel II en el Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores, y miembro de la Academia Mexicana de Ciencias. Sus líneas de investigación se enfocan en el monitoreo de bosques tropicales por medio de la percepción remota y estadísticas espaciales, además de la ecología del paisaje.



GLOSARIO

Algoritmo: es una serie de pasos o instrucciones lógicas que se siguen para resolver un problema o realizar una tarea. En el contexto informático, un algoritmo es una secuencia de operaciones que se programa en un ordenador para realizar una tarea específica.

Análisis espacial: es el proceso de examinar y comprender cómo se distribuyen y relacionan los diferentes elementos o características en un espacio geográfico. Se utiliza para estudiar patrones, tendencias y relaciones entre objetos o fenómenos en un área determinada.

Área de estudio: es la región geográfica o espacio específico que se selecciona para llevar a cabo una investigación o análisis. Puede ser tan pequeña como un sitio específico o tan grande como una región completa, dependiendo del objetivo del estudio.

Clasificación supervisada: es un método utilizado en el análisis de imágenes o datos espaciales para asignar categorías o clases predefinidas a diferentes áreas o elementos. Se basa en la utilización de muestras o ejemplos conocidos para entrenar un algoritmo y luego aplicarlo para clasificar automáticamente nuevas áreas o elementos similares.

Cobertura de suelo: es la descripción de los diferentes tipos de superficies o elementos que cubren un área determinada de la Tierra. Puede incluir categorías como bosques, campos agrícolas, áreas urbanas, cuerpos de agua, entre otros.

Google Earth Engine: es una plataforma en línea desarrollada por Google que permite a los usuarios acceder y analizar una enorme cantidad de datos geospaciales provenientes de satélites y otras fuentes. Es una herramienta poderosa para estudiar y comprender los cambios en la superficie de la Tierra a lo largo del tiempo, así como para realizar análisis espaciales y detectar patrones.

Imagen de satélite: es una fotografía o representación visual de la superficie de la Tierra capturada desde un satélite en órbita alrededor del planeta. Estas imágenes se obtienen utilizando cámaras especiales o sensores que registran diferentes longitudes de onda de la luz reflejada por la Tierra.

Manglares: son ecosistemas costeros que se encuentran en zonas tropicales y subtropicales. Están compuestos por árboles y arbustos adaptados a vivir en aguas salobres o saladas.

Percepción remota: es una técnica que consiste en obtener información sobre la superficie de la Tierra sin tener contacto físico directo. Se utiliza mediante la captura de imágenes o datos desde satélites, aviones u otras plataformas, para analizar características y cambios en la superficie terrestre.

Servicios ecosistémicos: son los beneficios que los ecosistemas proporcionan a los seres humanos y a otros organismos. Estos servicios incluyen la provisión de alimentos, agua limpia, regulación del clima, control de la erosión del suelo, recreación y muchos otros beneficios vitales para nuestra calidad de vida.



REFERENCIAS

Borràs, J., Delegido, J., Pezzola, A., Pereira, M., Morassi, G., & Camps-Valls, G. (2017). Clasificación de usos del suelo a partir de imágenes sentinel-2. *Revista de Teledetección*, 48(55), 55–66. <https://doi.org/10.4995/raet.2017.7133>

Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, 202, 18–27. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>

Herrera Silveira, J. A., Camacho Rico, A., Pech, E., Pech, M., Ramírez Ramírez, J., & Teutli Hernández, C. (2016). Dinámica del carbono (almacenes y flujos) en manglares de México. *Terra Latinoamericana*, 34, 61–72. <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v34n1/2395-8030-tl-34-01-00061.pdf>

López-Portillo, J., & Ezcurra, E. (2002). Los manglares de México: una revisión. *Madera y Bosques*, 8(Es1), 27–51. <https://www.redalyc.org/pdf/617/61709802.pdf>

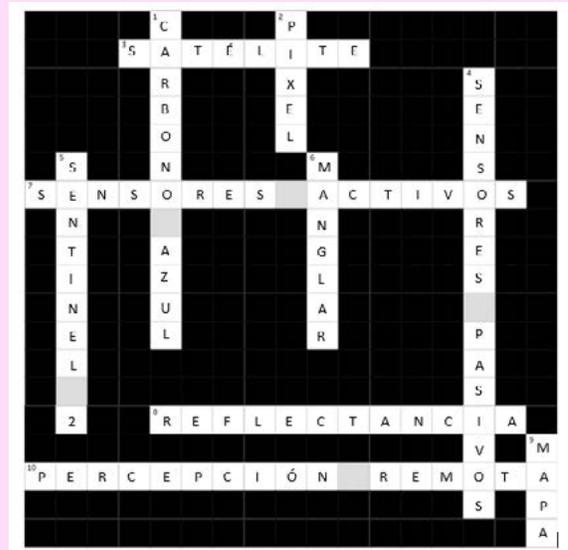
Perilla, G. A., & Mas, J. F. (2020). Google Earth Engine (GEE): una poderosa herramienta que vincula el potencial de los datos masivos y la eficacia del procesamiento en la nube. *Investigaciones geográficas*, 101. <https://doi.org/10.14350/ig.59929>

Velázquez-Salazar, S. (2021). *Manglares de México. Actualización y análisis de los datos 2020*. CONABIO.



Respuestas de las actividades

Crucigrama



Colocar los números en la imagen





Secundaria





15

Las plantas: sus aromas y sus beneficios

Dra. Luz María Calvo Irabien

Lic. Silvia Vergara Yoisura

Q. F. B. Rosa Grijalva Arango

Unidad de Recursos Naturales

Descripción

Se identificarán aquellas plantas aromáticas a las que regularmente se les da uso medicinal, se emplean para cocinar y para elaborar productos de higiene personal. Asimismo, se observarán los **tricomas** de varias plantas aromáticas con el **microscopio** y se implementará un método de extracción de aceites esenciales.

Objetivo general

Conocer a las plantas aromáticas y sus aceites esenciales, así como sus usos, características y obtención.



Materia afín

- Biología.
- Ecología.
- Química.

Pregunta inicial



¿Por qué unas plantas tienen aroma y otras no?

¿Qué vas a aprender?

- Por qué hay plantas que huelen.
- Cultivo de plantas aromáticas.
- Métodos para obtener aceites esenciales.
- Los compuestos químicos de las plantas aromáticas.
- Usos de los aceites esenciales.



PANORAMA GENERAL DEL TEMA

Las plantas que despiden un aroma particular se distinguen de las demás por el hecho de contener compuestos **volátiles** dentro de sus células. Al ser liberados se mezclan con el aire y podemos percibirlos a través del olfato. Estas moléculas volátiles son muy ligeras, es decir, de bajo peso molecular y con una presión de vapor alta, lo que resulta en una mayor facilidad para evaporarse a temperatura ambiente.

En la península de Yucatán existen 167 especies de plantas aromáticas; 123 son nativas, lo cual indica que su desarrollo y crecimiento se puede dar con facilidad y de manera natural en la región (Calvo-Irabién, 2012). En la literatura existen reportes de que dichas especies han sido utilizadas desde hace muchos años como plantas aromáticas con fines medicinales, en rituales o como condimentos. Sin embargo, se tiene poco conocimiento de sus compuestos químicos y los usos de valor comercial que se les podrían dar. Otra de las bondades de estas plantas es su cultivo, que se puede llevar a cabo con un manejo agrícola bastante simple, además de que muchas de ellas poseen un ciclo de vida corto, de fácil **propagación**, con resistencia a plagas y enfermedades, y buena resistencia a las sequías.

Una planta aromática es fácil de identificar, ya que al estrujarla se puede percibir su aroma y sabor. Esto se debe a su contenido de aceites esenciales (AE). En la **Figura 1** podemos apreciar algunas plantas aromáticas.



Figura 1. Plantas aromáticas: A) *Piper auritum*, B) *Porophyllum ruderale*, C) *Lantana involucrata* (Fotografías: Rosa Grijalva A., 2023).



Los AE son mezclas complejas que presentan de 50 a 300 compuestos volátiles de naturaleza química muy diversa, son insolubles en agua, de consistencia viscosa y cada uno tiene un olor característico (Stashenko, 2009).

En las plantas aromáticas, los aceites esenciales se producen y se encuentran almacenados en estructuras especializadas llamadas tricomas, o bien, en células oleíferas o canales secretores según la especie.

Los AE tienen un papel importante en la protección de las plantas, ya sea como antibacterianos, antifúngicos y/o insecticidas, aunque también pueden atraer algunos insectos para favorecer la dispersión del polen o las semillas (Bakkali et al., 2007). Los AE no solo les sirven a las plantas, también a los seres humanos que han aprendido a utilizarlos en su vida cotidiana. Son empleados por sus propiedades fisiológicas y terapéuticas para el tratamiento de afecciones de la piel y de las vías respi-

ratorias, y como materia prima en la industria química, cosmética y agroalimentaria (Bandoni, 2002). También son utilizados como saborizantes, colorantes y conservadores debido a su **actividad antioxidante** (Tomaino et al., 2004), y como antibacterianos (Burt, 2004) y antifúngicos. Actualmente se tienen nuevas aplicaciones, como en la agronomía, y son utilizados para el control de plagas agrícolas (Juárez-Rosete et al., 2013).

Los aceites esenciales son extraídos de las plantas aromáticas por medio de la técnica de **destilación por arrastre de vapor** de agua. En la **Figura 2** se muestra uno de los equipos utilizados para realizarla en el laboratorio.

De manera casera también existe la forma de habilitar la destilación por arrastre de vapor. Posiblemente el rendimiento no sea igual al realizado con un equipo de laboratorio. En el siguiente enlace podrán encontrar un video al respecto:

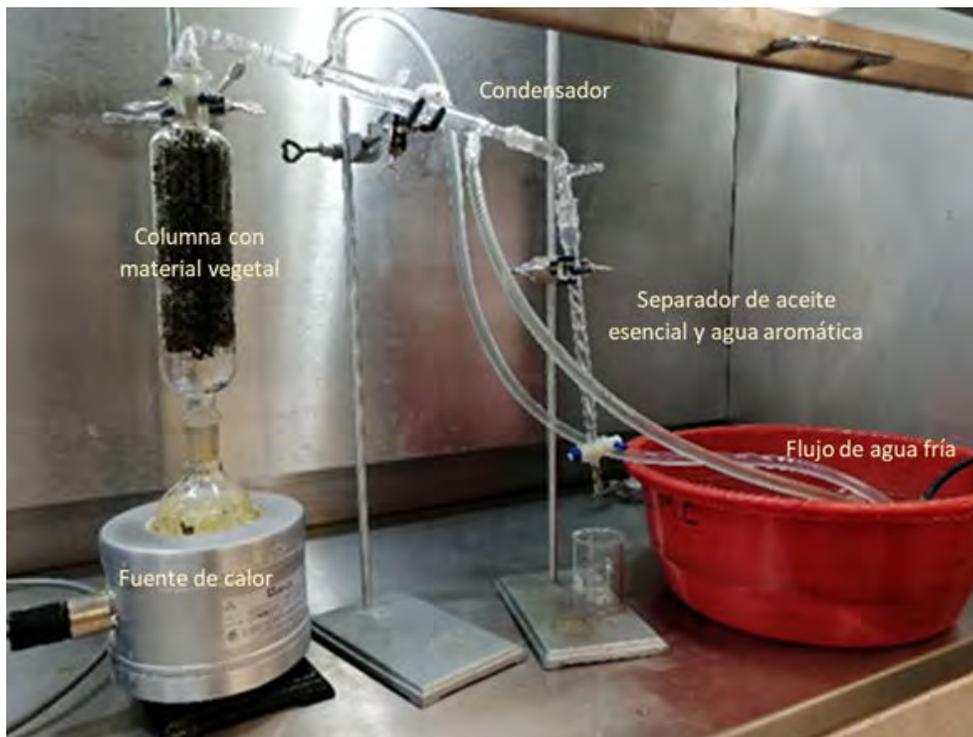


Figura 2. Equipo de destilación por arrastre de vapor de agua (Fotografía: Rosa Grijalva A., 2023).



El alquimista verde

«Cómo hacer un destilador casero para agua e hidrolatos (video 6)»

Enlace: <https://youtu.be/fUg5VMZ6np4?-si=AXEORRwpGyvRSHvO>

En el destilador se genera vapor de agua que penetra rompiendo las células del tejido vegetal y arrastra la mezcla de compuestos volátiles presentes en ellas. Esta mezcla se concentra al pasar por el condensador, en el que circula una corriente de agua fría por medio de un **refrigerante**.

Otra técnica para extraer el AE es la del prensado en frío, la cual es empleada para el caso de los aceites provenientes de la cáscara de los frutos (como los cítricos).

La cantidad de AE que producen las plantas aromáticas es por lo general muy pequeña, entre un 0.01 a un 6% del peso seco del material vegetal destilado.

La composición química de un **aceite esencial** está definida por los **metabolitos** o compuestos presentes en él y por las proporciones de estos, y se puede deber a diversos factores, como la genética, el estado de desarrollo, la parte de la planta o también pueden ser factores no ligados a ella, como el lugar de origen, el clima, el tipo de suelo, las prácticas de cultivo o hasta el tiempo y método de extracción (Sangwan et al., 2001; Bandoni, 2002; Barra, 2009).



PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

La finalidad de este proyecto es que el alumnado conozca las plantas aromáticas y sus aceites esenciales, importantes en la planta para su sobrevivencia y su reproducción, pero que también se emplean por las

personas para distintos fines. Además, se espera que aprendan a propagar plantas aromáticas, cómo y dónde se producen los AE en las plantas, así como su proceso de extracción.



DESARROLLO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



Actividad 1. Propagación de las plantas aromáticas



Pregunta de investigación

¿Cómo podemos propagar las plantas aromáticas?



Objetivo

Realizar dos métodos de propagación de plantas aromáticas de la localidad utilizando varetas y semillas.



Lista de materiales

- Planta progenitora para obtener las varetas.
- Tijeras de jardinería.
- Papel húmedo.
- Tierra negra.
- Arena.
- Bolsas de polietileno (15 cm de diámetro por 20 cm de alto).
- Semillas maduras de plantas aromáticas.
- Charola con cavidades.
- Agrolita.
- Agua.



Desarrollo

A) Propagación por varetas

La propagación por varetas o estacas es un método de reproducción asexual donde la progenie tiene las mismas características de la planta progenitora. En la **Figura 3** se muestra el proceso.

1. De la planta progenitora se corta la estaca, justo debajo del **nudo** (nódulo o protuberancia del tallo donde emergen las hojas). La vareta deberá tener de 15 a 25 cm de largo, con al menos dos nudos con un diámetro de entre 0.3 a 0.8 cm.
2. Se repite la operación hasta obtener el número de varetas deseadas.
3. Cuidadosamente se eliminan todas las hojas con las tijeras de jardinería.
4. Se empaquetan las varetas con papel húmedo para su transporte y se mantienen en un sitio fresco hasta su siembra. No debe pasar mucho tiempo, de preferencia sembrarlas de 3 a 4 horas después de cortarlas.

5. Se prepara una buena mezcla de arena y tierra negra en proporciones iguales en las bolsas de polietileno.
6. Finalmente, luego de 3 o 4 meses, cuando las estacas hayan desarrollado un buen sistema radicular, se procederá al trasplante a campo en pocetas de 30 x 30 cm a una distancia de 1 metro de ancho entre plantas.



Figura 3. Propagación por varetas: A) corte de vareta, B) varetas cortadas y forma de conservación, C) varetas sembradas en bolsas, D) brote de vareta (Fotografías: Silvia Vergara Y., 2023).

Nota



El área de siembra de las varetas para el enraizamiento debe ser fresca y sombreada. El enraizamiento y brote de hojas en las estacas inicia 2 o 3 semanas después de la siembra, pero varía dependiendo de la especie.



Lo que debes saber



Las varetas o estacas se obtienen de ramas que crecieron en la estación anterior, cuando la etapa de crecimiento concluyó e inició la caída de las hojas (otoño-invierno).

Se seleccionan ejemplares vigorosos y sanos que crecieron en condiciones de completa iluminación para que el contenido de las reservas alimenticias sea alto. La colecta debe realizarse, de preferencia, antes de las 8:00 h o después de las 17:00 h para evitar la pérdida de agua.

B) Propagación por semillas

La propagación por semillas es una forma de reproducción sexual. En la **Figura 4** se observa parte del proceso.

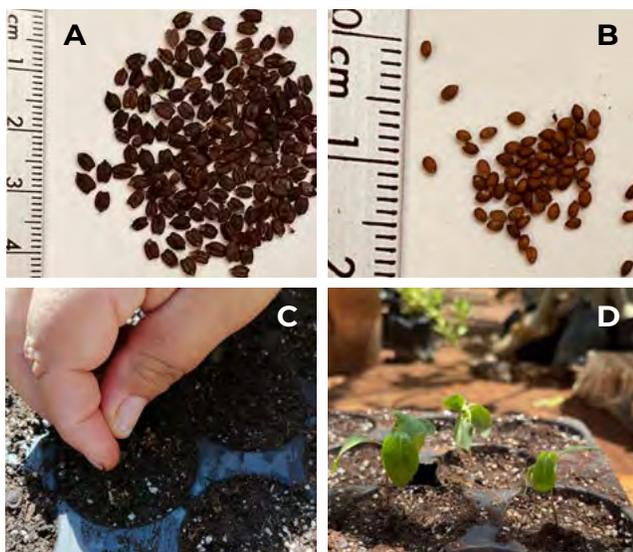


Figura 4. Germinación de: A) semillas de *xolte'xnuk* (*Mesosphaerum suaveolens*), B) semillas de albahaca de monte (*Ocimum campechianum*), C) siembra de semillas en charola, D) plántulas de *Ocimum campechianum* (Fotografías: Silvia Vergara Y., 2023).

1. Se colectan semillas maduras de las especies que se desean propagar.
2. Se llena una charola con cavidades con una mezcla de tierra y agrolita en una proporción de 7:3.
3. Se humedece la charola y se le hacen pozos de 1.5 cm de profundidad y ahí se siembran 3 semillas por cavidad.
4. La charola se mantiene en un lugar fresco y húmedo para tener un buen porcentaje de germinación.
5. Una vez obtenido el brote y alcance unos 15 cm de altura, se puede trasplantar al sitio elegido.

Para concluir

Con estas dos formas de propagación de plantas es posible obtener suficientes individuos para su cultivo y uso, y ayudar a preservar la especie.



Actividad 2. Observación e identificación de tricomas glandulares en plantas aromáticas



Pregunta de investigación

¿Qué apariencia tienen los tricomas glandulares en las plantas aromáticas?



Objetivo

Observar e identificar las estructuras donde las plantas aromáticas producen y almacenan los aceites esenciales.



Lista de materiales

- Hojas de plantas aromáticas.
- Hojas de papel para secado de manos.
- Agua destilada para humedecer el papel.
- Bolsas de plástico con sello.
- Portaobjetos.
- Microscopio, estereoscopio o lupa.
- Cámara fotográfica (puede ser del celular).



Desarrollo

En la **Figura 5** podemos ver las indicaciones para la observación de los tricomas glandulares.

1. Primero se colectan las hojas de diferentes plantas aromáticas. Para evitar que se deshidraten, se colocan entre las hojas de papel húmedo y después se guardan dentro de las bolsas de plástico con sello.
2. Las hojas colectadas se colocan con el envés hacia arriba sobre el portaobjeto. Posteriormente se

observan con el microscopio, estereoscopio o lupa.

3. Hay que identificar las estructuras llamadas tricomas y anotar las diferencias como la forma y la cantidad que existe entre las especies de plantas aromáticas.
4. Enfocar un buen campo donde los tricomas se observen nítidos; en caso de tener cámara fotográfica, realizar tomas poniendo el lente de la cámara en un ocular del microscopio para obtener la imagen.

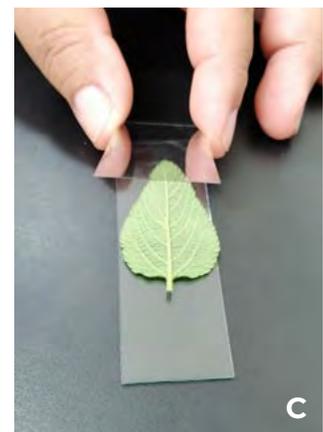


Figura 5. Observación de tricomas glandulares: A) planta aromática, B) colecta de diferentes hojas y proceso para evitar que se deshidraten, C) colocación de la hoja con el envés hacia arriba en portaobjeto (Fotografías: Silvia Vergara Y., 2023).



Lo que debes saber

La cantidad, forma y tamaño de los tricomas glandulares pueden variar entre especies y también entre plantas de la misma especie. Esto se debe al efecto del ambiente, pues diferentes ambientes (luz, agua, nutrientes, plagas, etc.) afectan de manera diversa. En la **Figura 6** se muestran tricomas vistos al microscopio.

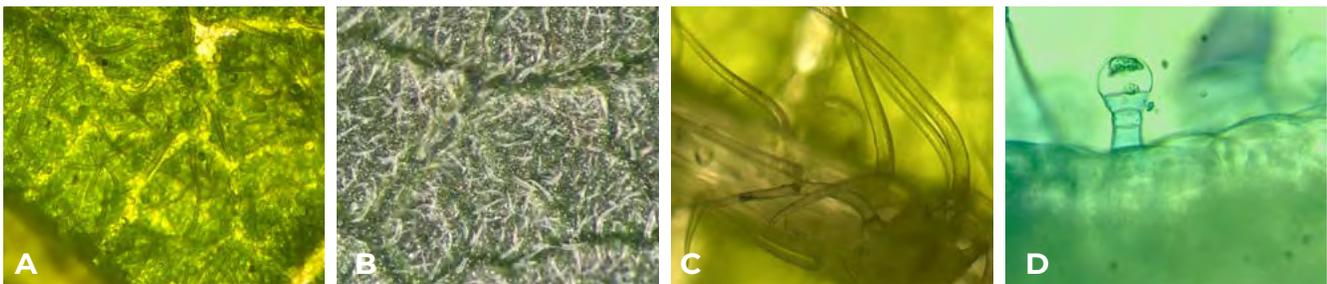


Figura 6. A y B) Tricomas glandulares de *Lippia origanoides* vistos en un microscopio óptico con objetivo 10X, C y D) tricomas glandulares de *Lippia origanoides* vistos con microscopio óptico con objetivo 40X (Fotografías: Silvia Vergara Y., 2023; y Karina Canul, 2011).

Para concluir

Según las observaciones en el microscopio óptico, hay plantas que tienen mayor cantidad de tricomas glandulares o de diferen-

tes formas, como nos señala la **Figura 6**. Se constató que algunas plantas también desarrollan tricomas glandulares en los tallos. La forma, tamaño y cantidad también difieren mucho entre especies de plantas.



Actividad 3. Extracción de aceite esencial por medio de arrastre de vapor (equipo de laboratorio)



Pregunta de investigación

¿Podemos extraer aceite esencial con un equipo de laboratorio?



Objetivo

Realizar la extracción de aceite esencial con instrumentos del laboratorio (equipo de destilación por arrastre de vapor).



Lista de materiales

- Planta aromática (25 g).
- Báscula para pesar hojas.
- Regulador de voltaje.
- Matraz balón de 250 ml.
- Manta de calentamiento.
- Columna.
- Mangueras.
- Condensador.
- Bureta.
- Pipeta Pasteur y bulbo.
- Vial de vidrio, de preferencia ámbar.
- Equipo de recirculación de agua con mangueras.
- Bomba de agua (las que se usan en las peceras).
- Agua destilada.

El procedimiento para la destilación por arrastre de vapor se muestra en la **Figura 8**.



Desarrollo

1. Se pesa el material seco o fresco (pueden ser hasta 25 g en seco o hasta 50 g en fresco, lo que quepa en una columna de 15 cm x 6 cm).
2. El material se deposita en la columna de destilación, procurando que el tejido no quede muy apretado.
3. Al matraz balón se le añaden 200 ml de agua destilada. Se coloca en una manta de calentamiento, se empata con la columna y de ahí con el condensador, al cual se le conectan unas mangueras para



Figura 8. Proceso de destilación por arrastre de vapor: A) báscula para pesar hojas, B) manta de calentamiento, C) matraz balón con agua, D) columna con hojas, E) condensador, F) bureta (separa el agua del aceite), G) flujo de agua fresca, H) registro de peso de vial sin aceite, I) peso del vial con aceite, J) separación del aceite (Fotografías: Rosa Grijalva A., 2023).



recircular el agua fresca con la ayuda de una bomba de pecera. De esa forma se logrará una mejor condensación.

4. En el condensador se adapta una bureta para ir recibiendo el destilado (aceite e hidrolato).
5. El tiempo de destilación es de aproximadamente 50 minutos. Una vez que pase ese tiempo, se apaga la manta de calentamiento y hay que esperar que deje de salir el destilado para quitar la bureta adaptada al condensador.
6. Con una pipeta Pasteur se toma el aceite y se deposita en un vial limpio.



Lo que debes saber

Los aceites esenciales son líquidos, tienen una densidad menor a la del agua (0.95 g/ml) y son de color amarillo a amarillo claro. Dado que son extractos vegetales muy concentrados, algunos resultan irritantes. Por ello deben siempre aplicarse diluidos en un aceite vegetal como de oliva, de coco o ajonjolí.

Dependiendo de los compuestos que estén presentes en el aceite, serán sus características **organolépticas**. De ello dependerá el uso que se le dará a cada aceite esencial.

Nota



Los aceites esenciales deben guardarse bien sellados para evitar que se volatilicen. Deben reposar en un lugar fresco y seco (podría ser en el refrigerador). Así conservarán sus propiedades por 2 o 3 años.

Para concluir

Con este método de laboratorio, usando un equipo de destilación por arrastre de vapor, resulta más efectivo conseguir un mejor rendimiento. Obtener aceites esenciales con equipo de arrastre de vapor no involucra mucha inversión monetaria.



Actividad 4. Elaboración de productos con aceites esenciales



Pregunta de investigación

¿Los aceites esenciales pueden ser usados con seguridad para elaborar productos de uso cotidiano?



Objetivo

Llevar a cabo la elaboración de dos productos de uso cotidiano con aceites esenciales.



Lista de materiales

Para preparar gel antibacterial

- 120 ml de alcohol etílico al 70%.
- 0.6 g de carbopol.
- 6 gotas de trietanolamina.
- 8 gotas de glicerina pura.
- 4 gotas de aceite esencial de albahaca.
- 8 gotas de aceite esencial de citronela.
- Vaso de precipitado de 250 ml.
- Agitador.
- Recipiente (frasco o bote dispensador).



Figura 9. Material empleado para la preparación de gel antibacterial (Fotografía: Rosa Grijalva A., 2023).

Para preparar repelente de insectos

- Vaso de precipitado.
- 10 ml de alcohol etílico al 70%.
- 5 ml de glicerina.
- 100 ml de agua purificada.
- 20 gotas de aceite esencial de clavo.
- 6 gotas de aceite esencial de citronela.
- 20 gotas de aceite esencial de eucalipto.
- 1 gota de jabón líquido.
- Colorante vegetal.
- Atomizador.



Figura 10. Material empleado para la preparación de repelente de insectos (Fotografía: Rosa Grijalva A., 2023).

Nota



Al preparar el gel antibacterial, es importante que el carbopol este muy bien disuelto en el alcohol antes de añadir la trietanolamina; hay que agitar suavemente para que se forme el gel.

Desarrollo

Para preparar gel antibacterial

- Poner el alcohol en un vaso de precipitado.
- Agregar poco a poco el carbopol.
- Agitar muy bien y dejar reposar 15 minutos.
- Tras ese lapso, agregar 8 gotas de glicerina y los aceites esenciales.
- Verter en el recipiente.
- A la mezcla hay que agregar 6 gotas de trietanolamina.
- Agitar el frasco, pues eso provocará que se gelifique rápidamente.

Para preparar repelente de insectos

En un vaso de precipitado se agrega el agua purificada, la glicerina, el jabón líquido, el alcohol y los aceites. Si se desea, se puede añadir colorante vegetal. Se vierte dentro del atomizador y se agita antes de usar.

Lo que debes saber



El aceite esencial de citronela posee propiedades **antisépticas**. Por su parte, los aceites esenciales de clavo y eucalipto son buenos repelentes.

Para concluir

Algunos aceites extraídos de plantas endémicas de la península, como el de la albahaca de monte (*Ocimum campechianum*), se utilizan como un ingrediente para preparar estos productos debido a sus propiedades antibacterianas. También se emplean en la preparación de insecticidas, los cuales no causan irritación en la piel, y como base de repelentes para los moscos, siendo amigables con el medio ambiente.



CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO

Debido a sus propiedades antibacterianas, antifúngicas e insecticidas de los aceites esenciales, nos fue posible fabricar dos productos: un repelente de moscos y un gel antibacterial. Ambos contienen AE,

los cuales no causan irritación en la piel; por lo tanto, pueden ser usados tanto por personas adultas e infantes y cuentan con propiedades antisépticas, además de ser amigables con el medio ambiente.



SEMBLANZAS DE LAS AUTORAS

Luz María Calvo Irabien

«Por más de 25 años he desarrollado investigación científica y docencia en el CICY, donde trabajo en proyectos que buscan entender la importancia de las plantas aromáticas y sus aceites esenciales. Disfruto escribiendo publicaciones científicas y formando estudiantes en temas relacionados con el manejo sustentable y la conservación de la biodiversidad».

Silvia Vergara Yoisura

«Desde hace 24 años laboro en el CICY. Realicé estudios de licenciatura en Diseño Gráfico en la Escuela Nacional de Artes Plásticas (ENAP)-Xochimilco-UNAM. Mi interés por las ciencias biológicas surgió por mi colaboración como ilustradora científica de plantas de la península de Yucatán. He cursado diplomados y cursos relacionados con áreas de ciencias biológicas y agronómicas. He participado en proyectos de inves-

tigación, formación de recursos humanos, organización de eventos académicos y de divulgación científica. He colaborado en artículos científicos, de divulgación, libros, capítulos de libro, etc.».

Rosa Grijalva Arango

«Mi formación académica es de química farmacóloga; tengo laborando en el CICY 25 años. He trabajado con varias especies de plantas como coco, banana y orquídeas, identificando enfermedades y realizando cultivo de tejidos. Actualmente trabajo con plantas aromáticas, principalmente endémicas de la península de Yucatán, así como en la extracción de sus aceites esenciales, los cuales se analizan como potenciales fungicidas y bactericidas. Talento CICY es una oportunidad que tienen las y los estudiantes hacia la ciencia, y así resolver sus inquietudes».



GLOSARIO

Aceite esencial: es un extracto vegetal obtenido mediante la destilación por arrastre de vapor de agua. Es una mezcla compleja que va de 50 a 300 compuestos volátiles, insoluble en agua y cada uno con su olor característico.

Actividad antioxidante: sustancia que protege a las células contra los radicales libres.

Antiséptico: sustancia antimicrobiana aplicada sobre la piel o alguna superficie para evitar infecciones bacterianas.

Destilación por arrastre de vapor: proceso en el que se genera vapor de agua, el cual penetra rompiendo las células del tejido vegetal y arrastra la mezcla volátil, la cual se condensa al pasarle una corriente de agua fresca por medio de un condensador.

Hidrolato: agua con aroma que se genera de la destilación por arrastre de vapor y que contiene algunas moléculas presentes en el aceite esencial y otras distintas, especialmente afines a disolverse en agua.

Metabolitos: se clasifican en dos grandes grupos, los primarios y los secundarios. Los metabolitos primarios son aquellos que están involucrados de forma directa en el crecimiento, desarrollo y reproducción de un organismo con una función fisiológica importante; y los metabolitos secundarios no están involucrados en estos procesos de forma directa. La ausencia de un metabolito primario suele conllevar la muerte inmediata o a corto plazo, mientras que la ausencia de un metabolito secundario no.

Microscopio: con él se pueden observar objetos y especímenes demasiado pequeños para ser estudiados a simple vista, pero

demasiado grandes para ser estudiados bajo el microscopio compuesto. Su magnificación va desde 5X hasta más de 60X y usan luz reflejada sobre la superficie del objeto bajo estudio.

Nudo: está presente en el tallo de una planta, donde se desarrollan y crecen las hojas, las flores, los brotes y las raíces aéreas.

Organolépticas: son particularidades que se miden a través de análisis sobre las sensaciones que producen al paladar de quien los consume. Este análisis sensorial se basa en cuatro parámetros básicos: color, sabor, textura y aroma.

Propagación: puede ser de manera sexual por semillas y existe variación genética, ya que se da por la unión de dos células; mientras que la asexual se da por varetas, esquejes, injertos, bulbos y acodos, donde no existe variación genética, es decir, los nuevos individuos son iguales a la planta madre.

Refrigerante o condensador: aparato de vidrio que permite transformar a fase líquida los gases o vapor que se desprenden del proceso de destilación. Consiste en un doble tubo, uno interior donde pasa el vapor y el otro exterior donde circula el líquido refrigerante o agua fresca; este último lleva dos ductos donde se acoplan mangueras.

Tricoma glandular: generalmente presenta una cabeza uni o pluricelular y tiene células que secretan sustancias que liberan al medio o la superficie de la propia planta.

Volátil: capacidad de un compuesto orgánico de evaporarse en condiciones ambientales debido a su bajo peso molecular y presión de vapor.



REFERENCIAS

- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2007). Biological effects of essential oils--a review. *Food and Chemical Toxicology*, 46(2), 446-475. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.09.106>
- Bandoni, A. (Ed). (2002). *Los recursos vegetales aromáticos en Latinoamérica: su aprovechamiento industrial para la producción de aromas y sabores*. Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED).
- Barra, A. (2009). Factors affecting chemical variability of essential oils: a review of recent developments. *Natural Product Communications*, 4(8), 1147-1154).
- Burt, S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. *International Journal of Food Microbiology*, 94, 223-253. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.03.022>
- Calvo-Irabien, L. M. (2012) *Plantas aromáticas de Yucatán*. Centro de Investigación Científica de Yucatán.
- Juárez-Rosete, C. R., Aguilar-Castillo, J. A., Juárez-Rosete, M. E., Bugarín-Montoya, R., Juárez López, P., & Cruz-Crespo, E. (2013). Hierbas aromáticas y medicinales en México: tradición e innovación. *Revista Bio Ciencias*, 2(3), 119-129. <https://doi.org/10.15741/revbio.02.03.06>
- Tomaino, A., Cimino, F., Zimbalatti, V., Venuti, V., Sulfaro, V., De Pascale, A. & Saija, A. (2004). Influence of heating and antioxidant activity and the chemical composition of some spice essential oils. *Food Chemistry*, 89(4), 549-554. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.03.011>
- Sangwan, N. S., Farooqi, A. H. A., Shabih, F., & Sangwan, R. S. (2001). Regulation of essential oil production in plants. *Plant Growth Regulation*, 34, 3-21. <https://doi.org/10.1023/A:1013386921596>
- Stashenko, E. E. (2009). *Aceites esenciales*. Universidad Industrial de Santander, Centro Nacional de Investigaciones para la Agroindustrialización de Especies Vegetales Aromáticas y Medicinales Tropicales (CENIVAM). <https://es.slideshare.net/SheylaMalena/aceites-esenciales-elena-e-stashenko-cenivam-universidad-industrial-de-santander-unlocked-2>



25

Biotecnología para todos y todas: usos cotidianos

Dr. César de los Santos Briones

M. C. José Rufino Gómez Tah

M. C. Sara Elena Vila Luna

M. C. Jewel Nicole Anna Todd

Dra. Karla Gisel Carreón Anguiano

Unidad de Biotecnología

Descripción

Las y los participantes visualizarán una perspectiva global de la naturaleza y aplicaciones de la biotecnología, la implicación de las técnicas y herramientas tecnológicas que se utilizan para la obtención de productos de uso diario, así como los beneficios que estos tienen en la sociedad.

Objetivo general

Conocer las principales aplicaciones selectas de los microorganismos en el desarrollo de productos alimenticios, así como el impacto que estas tienen en la sociedad.



Materias afines

- Microbiología.
- Bioquímica.
- Biología molecular.
- Metabolismo microbiano.
- Cultivo celular.

¿Qué vas a aprender?

- La definición de biotecnología.
- El esquema general de la biotecnología en la sociedad.
- Metodologías tradicionales y/o técnicas sencillas y de uso casero que pueden considerarse como aplicaciones biotecnológicas.

Pregunta inicial

¿Cómo podemos saber si un producto que utilizamos frecuentemente en nuestra vida diaria proviene de técnicas o procesos biotecnológicos?



PANORAMA GENERAL DEL TEMA

La biotecnología es el uso de técnicas, procesos y métodos que utilizan organismos vivos y/o sistemas vivientes (plantas, animales o microorganismos) para obtener productos útiles o de interés para el ser humano.

De acuerdo con la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), la biotecnología es la aplicación de un conjunto de herramientas científicas y tecnológicas sobre los seres vivos, o derivados de estos, para producir conocimientos, bienes y servicios (OCDE, 2005).

Una de las principales áreas de aplicación biotecnológica es en los alimentos. Desde hace mucho tiempo y sin tener pleno conocimiento científico, el ser humano ha empleado la biotecnología a través del uso de microorganismos. Estas aplicaciones estaban orientadas a obtener productos alimenticios, principalmente aquellos que se producían por **fermentación** (bebidas alcohólicas, panadería, queso y yogurt). A pesar de que los métodos y tecnologías han evolucionado y se han mejorado significativamente, esas técnicas tradicionales

biotecnológicas aún siguen empleándose (Thieman et al., 2010).

Uno de los ingredientes principales en la biotecnología es una fuente de **carbohidratos**, que en su mayor parte es de origen vegetal. Las principales fuentes vegetales de **azúcares fermentables** (glucosa, fructosa, y sacarosa) son las frutas (uvas, manzanas, peras, piñas, fresas, arándanos, etc.) y órganos vegetales de almacenamiento como tallos (la caña de azúcar) y raíces (remolacha). Los cereales (cebada, trigo, arroz, sorgo, maíz) y raíces (papas) son fuentes de **polisacáridos** (principalmente almidón).

La presencia microbiana en estas fuentes vegetales puede iniciar una fermentación. La fermentación de estos azúcares es a través de varias **reacciones metabólicas** que suceden intracelularmente en microorganismos como **bacterias** y **levaduras**. Entre los productos de estas reacciones están el etanol y el dióxido de carbono. Además del etanol, en el caso de una fermentación continua en la que el medio puede ser aireado con pequeñas cantidades de oxígeno, los



microorganismos pueden ser capaces de producir una gran variedad de compuestos; de esta forma puede lograrse la obtención de **ácidos orgánicos carboxílicos** como el ácido acético o vinagre. Dentro de los microorganismos fermentadores para producir vinagre se encuentran las levaduras (del género *Saccharomyces*, *Pichia* y *Candida*) y las bacterias del ácido acético (del género *Acetobacter*, *Komagataeibacter* y *Gluconacetobacter*) (Yassunaka Hata et al., 2023).

Así como el uso de levaduras y bacterias del ácido acético tiene raíces antiguas, el arte de la fabricación del queso puede lograrse a través de la **coagulación** de proteínas (cuajada) de la leche por exposición a condiciones ácidas o con el uso de **bacterias ácido lácticas**, proceso que es considerado como de deshidratación y acidificación.

La formación de la cuajada (que es separada del fluido o suero de la leche) es el resultado de un **proceso enzimático**: una proteasa llamada quimosina se añade a la leche para romper la estructura **micelar** de la **caseína** (la principal proteína de la leche). Los productos de esta actividad son insolubles en las condiciones ácidas resultantes del metabolismo bacteriano, haciendo que las grasas y la proteína precipiten para formar el cuajo. Este se somete a un periodo de

maduración en el que un conjunto secundario de bacterias u hongos operan para desarrollar aromas y apariencias características. Muchos microorganismos están involucrados en la producción de queso.

Los incluidos en el inicio (llamadas bacterias iniciadoras) incluyen *Streptococcus lactis*, *S. cremoris*, *S. thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus*, *L. casei* y *L. lactis*. La función principal de estos organismos es la de fermentar la **lactosa** para producir **ácido láctico** y, de ese modo, crear condiciones ácidas (**pH** de aproximadamente 4.6) para la formación de la cuajada (Beresford et al., 2001). Los pasos básicos para la fabricación de quesos son: la coagulación, la acidificación, la deshidratación, el moldeado y el salado.

Una vez desarrollado el marco teórico, en este proyecto se plantean dos actividades biotecnológicas que se pueden realizar en casa con mucha facilidad: la elaboración de (1) vinagre de manzana y (2) queso. Cabe resaltar que la mayoría de los productos que se usan cotidianamente en nuestra vida (p. ej. frutas o vegetales, lácteos, suplementos alimenticios, antibióticos, fármacos, hormonas, aceites o cremas de higiene personal, jabones o detergentes para ropa, ablandadores de carne) son productos de tecnologías y herramientas del área de la **biotecnología tradicional** o **moderna**.



PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

Este proyecto está diseñado para ilustrar las formas tradicionales que han utilizado nuestros ancestros para la creación de productos fermentados. Mediante la fermentación bacteriana, las y los participantes obtendrán como resultado un alimento que pueden consumir en la comodidad

de su hogar. Alternativamente, se resaltarán que existen algunos productos alimenticios que, aunque parecieran ser resultado de conocimientos empíricos, sus fundamentos de fabricación son fortalecidos por la experimentación y la investigación científica dentro del marco de la biotecnología.



DESARROLLO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



Actividad 1. Fabricación casera de ácido acético o vinagre de manzana



Pregunta de investigación

¿Qué sucede si almacenamos a temperatura ambiente la pulpa o los residuos de cáscaras de fruta con agua en un **recipiente oxigenado** por un periodo largo de tiempo?



Objetivo

Obtener ácido acético/vinagre como producto de fermentación espontánea utilizando como materia inicial residuos de cáscaras de fruta (manzana).



Lista de materiales

- 6 manzanas rojas.
- 250 g de piloncillo o panela.
- Olla pequeña.
- Cuchara.
- Pelador de papas.
- Cuchillo.
- Tabla de cocina.
- Frasco de vidrio con capacidad de 4 litros.
- Un litro o 4 tazas de agua purificada.
- Embudo.
- Trozo de gasa doblada en cuatro capas.
- Liga de goma.
- Refractómetro (opcional).
- Tiras para medir pH (opcional).



Desarrollo

1. Colocar el piloncillo en una olla y agregar un litro de agua. Calentar y mover constantemente con una cuchara hasta disolver el piloncillo completamente. Dejar enfriar la solución a temperatura ambiente y reservar (**Figura 1A**).
2. Utilizando el pelador de papas, pelar cada una de las manzanas y reservar las cáscaras. Cortar las manzanas ya peladas en cuadros de tamaño mediano y reservar (**Figuras 1B y 1C**).
3. Colocar los trozos de manzana y las cáscaras dentro del frasco de vidrio. Agregar el piloncillo disuelto en el agua que ya debe estar a temperatura ambiente. Mezclar el contenido (**Figuras 1D y 1E**).
4. **Opcional:** si se cuenta con un refractómetro y/o las tiras para medir pH, medir la concentración de sólidos inicial y/o el pH inicial, respectivamente (**Figuras 1F y 1G**). Anotar la primera medición de pH y **°Brix** en una bitácora. La fabricación del vinagre provoca que el medio se acidifique, por lo cual es importante medir el pH, el cual dependerá de la concentración de ácido acético (Dotel et al., 2019).
5. Colocar el pedazo de gasa en la boca del frasco y sostenerla con la liga.
6. Agitar todo el contenido del frasco por única ocasión.



7. Mantener el frasco con todo el contenido en reposo absoluto y a temperatura ambiente durante 30 días (fase anaerobia).
8. **Opcional:** si se cuenta con un refractómetro y/o las tiras para medir pH, llevar un registro de mediciones de °Brix y pH en una bitácora cada 7 días (**Figuras 1H y 1I**).
9. Una vez pasados los 30 días en reposo, mezclar muy bien el contenido y mantener a temperatura ambiente 30 días más. Mezclar cada 7 días para oxigenar la solución (fase aerobia). Esta acción (mezclado) se realiza con el pedazo de gasa en la boca del frasco sostenida con una liga.
10. Finalmente, el producto final útil obtenido (vinagre) se reserva en un frasco o botella y se mantiene a temperatura ambiente (**Figura 1J**).



Notas

- Puede utilizarse un frasco con capacidad menor a 4 litros, siempre y cuando no exceda el volumen total obtenido (aprox. 2 litros).
- Si se desea, en lugar de colocar los trozos de la fruta se pueden mezclar en una licuadora hasta obtener un jugo con pulpa, el cual se introducirá en el frasco. Para ello, se hará uso del embudo.
- Se puede utilizar el procedimiento descrito para cualquier fruta con azúcares fermentables, incluyendo su cáscara (por ejemplo, piña, pera, uva, arándanos).
- El refractómetro y las tiras para medir pH se pueden comprar en tiendas en línea como [Amazon](#) y/o [Aliexpress](#).

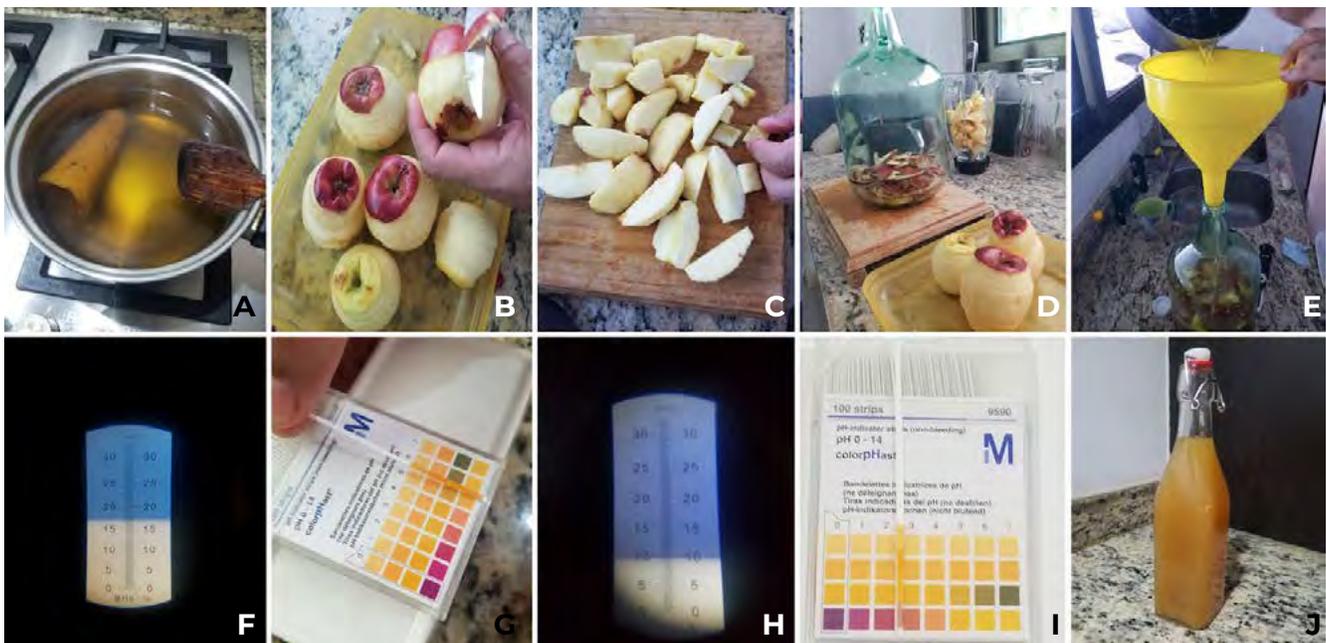


Figura 1. Proceso de obtención de vinagre de manzana (Fotografías: De los Santos-Briones, C., 2023).



Lo que debes saber



- El vinagre es un líquido agrio y astringente. Su nombre proviene del latín *vinum acre* («vino agrio»). Se compone por diferentes ácidos orgánicos, principalmente ácido acético, por lo que el control de la acidez es una medida para determinar su calidad (Dotel et al., 2019).
- El vinagre contiene un complejo de compuestos que en su conjunto contribuyen al sabor y olor del producto final y, en consecuencia, puede otorgarle diferentes funciones.
- El vinagre puede tener diferentes usos, ya sea como conservador, condimento en platillos gastronómicos, aderezo de ensaladas o como insecticida natural.
- El proceso para obtener vinagre incluye dos etapas: a) una fase anaerobia (producción de azúcares fermentables y su conversión en etanol y dióxido de carbono [pasos 1 al 7 de esta actividad]); y b) una fase aerobia (producción de acetaldehído y su conversión en ácido acético [paso 9]).

Para concluir

El vinagre puede ser fabricado por métodos tradicionales caseros partiendo de trozos de frutas, con cantidades altas de azúcares, inmersos en una solución acuosa y en estado de reposo a temperatura ambiente, almacenados durante periodos largos.



Actividad 2. Fabricación artesanal de queso



Pregunta de investigación

¿Cuál es el efecto del proceso de acidificación de la leche entera?



Objetivo

Obtener un queso artesanal como producto de la adición de vinagre a la leche entera.



Lista de materiales

- 2 litros de leche entera.
- 80 mililitros o 1/3 de taza de vinagre.
- Olla con capacidad de 4-6 litros.
- Cuchara grande.
- Colador de malla pequeña, un trozo de gasa o manta de cielo.
- Molde de plástico.



Desarrollo

1. Colocar la leche en una olla y calentar a ebullición. Reducir la flama y dejar hirviendo durante 5 minutos (**Figuras 2A y 2B**).
2. Agregar suavemente el vinagre a la leche y agitar lenta y suavemente con una cuchara grande (**Figura 2C**).
3. Cuando se haya creado una masa grande de cuajo, permitir que termine de formarse en el fondo de la olla (**Figura 2D**).
4. Después de la deshidratación del cuajo (se deben observar suficientes grumos flotando en el líquido), retirar el suero líquido (**Figura 2E**).
5. Traspasar el cuajo a la tela de gasa a manera de colador y sin hacer presión, permitir que el líquido drene (**Figura 2F**).
6. Una vez que termine el drenado natural, presionar el cuajo para drenar los residuos de líquido extra. Si se desea, agregar sal al gusto (**Figura 2F**).
7. Colocar el cuajo en un molde y presionar para darle forma. Mantener el producto final (queso) en refrigeración (4 °C) al menos durante 24 horas para otorgarle firmeza (**Figuras 2G y 2H**).



Figura 2. Proceso de elaboración de queso artesanal (Fotografías: De los Santos-Briones, C., 2023).



Notas



- Dependiendo del contenido de grasa (leche entera o semidescremada) en la leche, 1 litro de leche produce 250 gr de queso. Utilizando esta relación, es factible reducir proporcionalmente las cantidades. En principio, se puede utilizar un volumen de vinagre de entre 1.5-2% v/v.
- La formación del cuajo puede tardar hasta 15 minutos.
- Terminado el proceso y antes de moldear el queso, es factible continuar calentando el queso drenado en una olla hasta obtener una consistencia espesa deseada. En este paso se pretende remover el suero en su totalidad por evaporación.

Lo que debes saber



- El proceso de acidificación puede lograrse con la adición de un cultivo láctico, el cual fermenta la lactosa y la convierte en ácido láctico; o bien, por acidificación directa (vinagre o ácido láctico).
- La coagulación es el proceso de precipitación de proteínas en el que se obtiene un cuajo sólido (o semisólido) y un líquido (suero). Este proceso puede lograrse mediante la adición de un ácido, de una enzima (renina o **quimosina**), calor o una combinación de todo lo anterior.
- El proceso de cortes con el cuchillo tiene como finalidad la deshidratación controlada del cuajo incrementando el área superficial.

Para concluir

La fabricación de queso artesanal se logra mediante un proceso de acidificación de la leche entera que involucra la coagulación de proteínas, la concentración de grasa y la deshidratación controlada del cuajo.



CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO

Los microorganismos se encuentran en todo el entorno de nuestro medio ambiente, siendo algunos benéficos y otros nocivos. El ser humano ha sabido aprovechar aquellos que pueden ayudar tanto para la sobrevivencia o estabilidad personal, así como para favorecer a una comunidad.

En este proyecto, con las actividades realizadas, hemos mostrado cómo de la fermentación espontánea y biológica de algunos microorganismos presentes en algunos alimentos, se puede obtener un producto que podemos aprovechar de manera positiva. De este modo, cabe destacar que la biotecnología se encuentra cotidianamente en nuestro modo de vida.



SOBRE LOS AUTORES Y AUTORAS

El **Dr. César de los Santos Briones** es Técnico Titular C de la Unidad de Biotecnología (UBT) del CICY. Es químico biólogo bromatólogo y doctor en Ciencias en Biotecnología. Ha dedicado su trabajo a desarrollar y utilizar técnicas de laboratorio como herramientas en las áreas de bioquímica, biotecnología y biología molecular. Ha dirigido y colaborado en proyectos de investigación para la generación de conocimiento básico con futura aplicación. Ha participado en actividades de docencia a nivel de licenciatura y de posgrado. Su área de investigación se enfoca en los mecanismos de resistencia a patógenos en cultivos de interés agrícola.

El **M. C. José Rufino Gómez Tah** es estudiante de posgrado (doctorado) y colabora en los proyectos que se desarrollan en el Laboratorio de Biotecnología Microbiana del CICY. En su maestría desarrolló una tesis enfocada al estudio y caracterización de algunos grupos de genes que participan en la biosíntesis de metabolitos secundarios en el hongo patogénico de la sigatoka negra. Actualmente desarrolla estudios bioquímicos de una especie vegetal de importancia biotecnológica y económica.

La **M. C. Sara Elena Vila Luna** cuenta con una licenciatura como química farmacéutica bióloga por la Facultad de Química de la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY) y una maestría en Ciencias Biológicas por el CICY, en la opción Biotecnología. Ha asistido y participado en distintas

actividades académicas como congresos, webinarios y seminarios. Actualmente se encuentra estudiando el doctorado; su área de investigación es sobre fitoplasmas, un patógeno causante de diversas enfermedades en distintas especies vegetales a nivel mundial, con especial interés en los efectos de fitoplasmas.

La **M. C. Jewel Nicole Anna Todd** es agrónoma por la Universidad de Guyana. Obtuvo su maestría en Biotecnología en el CICY y sigue estudiando en la misma área para obtener un doctorado en Ciencias Biológicas. Su trabajo involucra biología molecular y bioquímica enfocadas en interacciones microbianas. Tiene una gran apreciación por los hongos y una pasión por la divulgación científica.

La **Dra. Karla Gisel Carreón Anguiano** actualmente es posdoctorante, realizó su doctorado en Ciencias Biológicas, especialidad en Biotecnología (CICY). Su producción científica incluye un capítulo de libro, 5 artículos científicos en revistas indizadas, uno publicado en una revista mexicana y uno artículo sometido y aceptado (tres son en revistas Q1, uno en revista Q2, y uno en revista del padrón Conahcyt). Cuenta con dos registros de propiedad intelectual ante el Instituto Nacional del Derecho de Autor (INDAUTOR). Ha participado como revisora en pares de revistas científicas y participa en proyectos para el desarrollo de técnicas para control de enfermedades en plantas.



GLOSARIO

Ácido carboxílico: compuesto orgánico que posee un grupo funcional llamado grupo carboxilo, unido a un grupo alquilo.

Ácido láctico: ácido carboxílico producido a partir del piruvato.

Azúcares fermentables: moléculas de azúcares factibles de degradación y utilizadas por microorganismos. Las hexosas son los únicos azúcares capaces de ser fermentados por las levaduras.

Bacterias: microorganismos unicelulares carentes de núcleo (procariotas).

Bacterias ácido lácticas: grupo heterogéneo de microorganismos que se caracterizan por la producción de ácido láctico a partir de la fermentación de carbohidratos.

Biotecnología moderna: utiliza tecnologías avanzadas de ingeniería genética para modificar y recombinar el ADN.

Biotecnología tradicional: utiliza técnicas antiguas de mejoramiento genético de organismos a través de la selección después de un cruzamiento de especies. Utiliza los procesos naturales que acontecen dentro de las células vivas.

°Brix: unidad que mide la cantidad total de sólidos disueltos en un líquido. Un grado Brix tiene 1 g de azúcar en 100 g de solución acuosa.

Carbohidratos: moléculas biológicas compuestas por carbono, hidrógeno y oxígeno en una proporción de un átomo de carbono por cada molécula de agua.

Caseína: es una fosfoproteína que se encuentra en la leche de los mamíferos.

Coagulación: proceso que involucra la aglomeración de proteínas convirtiéndolas en un estado de gel.

Fermentación: proceso metabólico que produce pequeñas cantidades de ATP a partir de glucosa en ausencia de oxígeno y que crea subproductos. Reacción química de degradación en la que se transforman sustancias complejas en compuestos orgánicos simples.

Lactosa: azúcar presente en la leche materna. Disacárido formado por la unión de glucosa y galactosa.

Levaduras: microorganismos unicelulares con núcleo definido (eucariotas).

Mícela: estructura química de agrupación de moléculas anfifílicas de forma esférica contenida en un líquido.

Polisacárido: hidrato de carbono formado mediante la unión de varias moléculas de azúcar.

Proceso enzimático: reacción bioquímica de transformación de un sustrato en producto mediada por proteínas con actividad catalítica.



pH: unidad que indica el grado de acidez o alcalinidad de una solución acuosa: pH neutro igual 7; pH mayor a 7 es alcalina; pH menor a 7 es ácida.

Quimosina: enzima con actividad catalítica de proteasa. Actúa sobre la proteína caseína presente en la leche. También es conocida como rennina.

Reacciones metabólicas: reacciones químicas interconectadas que comienzan con una molécula en particular y la transforman en otra u otras según un esquema bien definido, con transformación de energía y en el que los protagonistas son las enzimas.

Recipiente oxigenado: utensilio o contenedor hecho de material plástico o de vidrio que sirve como reservorio de un líquido o sólido, y que se encuentra destapado en contacto directo o indirecto con el aire del medio ambiente.



REFERENCIAS

Beresford, T. P., Fitzsimons, N. A., Brennan, N. L., & Cogan, T. M. (2001). Recent advances in cheese microbiology. *International Dairy Journal*, 11(4-7), 259-274. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(01\)00056-5](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(01)00056-5)

Dotel, S., Pozo, P., Boluda, J. C., & Rodríguez-Rodríguez, Y. (2019). Evaluación de la acidez en vinagres comercializados en la República Dominicana. *Ciencia, Ambiente y Clima*, 2(2), 43-52. <https://doi.org/10.22206/cac.2019.v2i2.pp43-52>

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). (2005). *A Framework for Biotechnology Statistics*. OECD Science Technology and Innovation Policy Papers. <https://www.oecd.org/sti/inno/34935605.pdf>

Thieman, W. J., & Palladino, M. A. (2010). *Introducción a la Biotecnología* (2ª Ed). Pearson Educación.

Yassunaka Hata, N. N., Surek, M., Sartori, D., Serrato, R. V., & Spinosa, W. A. (2023). Role of Acetic Acid Bacteria in *Food and Beverages*. *Food Technology and Biotechnology*, 61(1), 85-103. <https://doi.org/10.17113/ftb.61.01.23.7811>



35

El futuro es verde: las plantas medicinales y los materiales dentales

C. D. Paola Hasibe Azueta Aguayo

Q. I. Rossana Faride Vargas Coronado

Dra. Fabiola Azucena Gutiérrez Mejía

Dra. Claudia Vásquez López

Dr. Juan Valerio Cauich Rodríguez

Unidad de Materiales

Descripción

Las y los participantes conocerán algunas plantas que se usan en la medicina tradicional, en particular aquellas que se pueden utilizar para tratar problemas dentales. Descubrirán que se pueden combinar con otros materiales para mejorar la salud bucal y promoverán y divulgarán el uso de estos nuevos materiales dentales en sus comunidades.

Objetivo general

Elaborar materiales dentales modificados con productos naturales siguiendo un razonamiento científico, así como divulgar los conocimientos generados y promover su uso.



Materias afines

- Ciencias naturales.
- Medicina tradicional.
- Materiales para medicina.
- Desarrollo sostenible y economía circular.
- Impacto de la ciencia y la tecnología en la sociedad.

¿Qué vas a aprender?

- Conocer el método científico a través de la teoría y la práctica.
- Plantas que se usan en la medicina tradicional para el cuidado de la salud bucal.
- Materiales que se usan en la medicina y en aplicaciones dentales.
- Formular nuevos materiales para aplicaciones dentales.
- Desarrollar habilidades de comunicación oral y escrita.



Pregunta inicial

¿Puedo hacer materiales para el cuidado dental con elementos caseros?



PANORAMA GENERAL DEL TEMA

La cavidad oral (boca) presenta diversas afectaciones que pueden ser de origen congénito o adquirido. En ambos casos, la atención oportuna evita tener complicaciones.

Una de las afectaciones más comunes es la caries dental, una enfermedad oral dependiente de la formación de una biopelícula de origen bacteriano, de la dieta y de los hábitos de higiene de una persona. Estas **bacterias cariogénicas** destruyen tanto el esmalte como la dentina de los dientes y, de no tratarse a tiempo, puede afectar no solo la función masticatoria sino también el lenguaje, la sonrisa y el entorno psicosocial, así como la calidad de vida de la persona y su familia (Ellakany et al., 2021; Smaïl-Faugeron et al., 2018).

La población más afectada es la infantil, así como las comunidades alejadas de las zonas urbanas, pues el acceso a los servicios de salud dental es limitado ya sea por no contar

con personal de salud o la falta de recurso económico para su atención. Muchas veces, a pesar de los programas preventivos, las piezas dentarias presentan desgastes a causa de alguna enfermedad o incluso se pierden o dañan por algún accidente y es necesario repararlas o reemplazarlas.

Las y los dentistas con las diferentes especialidades (endodoncia, periodoncia, restauración, cirugía oral y odontopediatría) utilizan biomateriales para la restauración de la estructura dental enferma. Aunque se han utilizado diferentes biomateriales para tratar las enfermedades dentales, su éxito depende de las características de los materiales utilizados, la habilidad del o la dentista y los cuidados del o la paciente.

En cuanto a los materiales, estos tienden a ser costosos, pues la mayoría son de importación y muchas veces no se tiene acceso a ellos. Nuestros ancestros no conocían los



materiales dentales actuales, sin embargo, la medicina tradicional maya nos ha heredado importante información con relación al uso de las plantas o alguna parte de ellas (raíces, hojas, frutos, corteza, etc.) en el cuidado de la cavidad oral.

Todo ese conocimiento adquirido de manera empírica se ha ido comprobando al identificar cada una de las diferentes sustancias activas de las plantas con propiedades medicinales; por medio de diversos ensayos de laboratorio se determina qué tipo de actividad presentan dichas sustancias, pudiendo

ser: antiinflamatorios, antioxidantes, antimicrobianos, antifúngicos, cardioprotectores, antiaterogénicos, astringentes, etc.

En este proyecto te mostraremos lo interesante que es producir materiales de uso dental empleando productos locales que nos permitirán crearlos a bajo costo y sin perder sus propiedades importantes como la capacidad antimicrobiana y antiinflamatoria, siendo además biodegradables y no tóxicos para los tejidos y células que hay en la boca. Algunos ejemplos se presentan en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Ejemplos de plantas regionales empleadas en medicina dental. (Rodríguez, 2015)

Nombre común	Nombre científico	Uso en odontología
Balché	<i>Lonchocarpus longistylus</i> Pittier	Para el tratamiento de aftas, ulceraciones orales, infecciones en general.
Nance	<i>Byrsonima crassifolia</i>	Para el tratamiento de gingivitis, prevención de la descalcificación del hueso alveolar y fortalecimiento del esmalte dental.
Chaya	<i>Cnidoscolus chayamansa</i> , <i>Cn. Aconitifolius</i>	Contra el escorbuto y descalcificación del hueso alveolar.
Ramón	<i>Brosimum alicastrum</i>	Dolor de dientes.
Xcan lol	<i>Senna racemosa</i>	Contra el mal aliento y dolor de dientes.
Albahaca silvestre o de monte, xcaltún	<i>Ocimum basilicum</i> , <i>Ocimum campechianum</i>	Dolor de dientes y miasis orofaciales.

PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

Este proyecto tiene la intención de ayudarte a descubrir que tú también puedes hacer ciencia. A través de experimentos sencillos descubrirás una parte del vasto mundo del conocimiento. Estos experimentos están diseñados para que observes si en tu comu-

nidad hay problemas dentales y que pienses cómo se pueden solucionar al elaborar una hipótesis, hacer experimentos con plantas y materiales dentales y comprobar si ha funcionado; si no, hay que volver a plantearte una nueva forma de solución.



DESARROLLO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



Actividad 1. ¡En sus marcas, listos, fuera! Los preparativos



Pregunta de investigación

¿Cómo se inicia una investigación y cuáles son las fuentes de información confiables?



Objetivo

Comprender cómo se inicia y se desarrolla un trabajo de investigación.



Lista de materiales

- Computadora.
- Libreta.
- Lápiz.



Desarrollo

Realizar una investigación científica requiere ciertos pasos que debemos conocer para lograr nuestro objetivo: observación, planteamiento del problema, hipótesis, experimentación, análisis de resultados y conclusión.

Este proceso puede repetirse tantas veces como sea necesario hasta corroborar los resultados obtenidos.

Para iniciar con las actividades de nuestro proyecto te proponemos que:

1. Investigue qué ingredientes contienen los artículos empleados para la limpieza oral.
2. Expreses la importancia del cuidado bucal y, en el caso de los productos de

limpieza oral actuales, indique sus ventajas y desventajas.

3. Cuestiones la información recopilada, mediante una hipótesis que incluya la elaboración y uso de productos caseros para la limpieza oral.



Lo que debes saber

Elaboración de una hipótesis

Una hipótesis es una suposición inteligente que hacemos antes de llevar a cabo un experimento o investigación. Se basa en lo que ya sabemos sobre un tema y nos ayuda a predecir qué podría suceder. La creamos para guiar nuestra investigación y poder recopilar datos. Durante el experimento, recopilamos evidencia para ver si nuestra idea es correcta o no. Si los resultados apoyan nuestra hipótesis, podemos aceptarla. Pero si no, ajustamos nuestra idea o formulamos nuevas preguntas para entender mejor la situación. En resumen, una hipótesis es como una brújula que nos orienta mientras exploramos y aprendemos más sobre el mundo que nos rodea.

Para concluir

A través de actividades de observación y exploración, los y las participantes conocieron el método científico que aplicarán en el desarrollo de las actividades propuestas en este capítulo, así como en su entorno escolar.



Actividad 2. Las plantas y la salud oral



Pregunta de investigación

¿Qué plantas de la región son usadas para cuidar la salud bucal?



Objetivo

Descubrir cuáles son algunas plantas locales usadas en la salud oral.



Lista de materiales

- Computadora con acceso a internet.
- Bitácora.
- Plumas, lápices y colores.



Desarrollo

La fitoterapia es la aplicación terapéutica de las plantas. Se sabe que muchas son utilizadas en las comunidades como método alternativo para el cuidado de la salud bucal, tanto en personas adultas como en menores de edad. Nuestros antepasados nos han transmitido los procesos para extraer los componentes con beneficios de las plantas medicinales (Corro Fonseca, 2015; INIFAP, s.f.), por ejemplo:

- **Cocimiento o decocción:** dependiendo de la dureza de la planta, se deberá cocer en agua hasta por 20 minutos. A mayor tiempo de cocimiento, mayor extracción de los componentes de la planta.
- **Infusión o té:** luego de llevar a hervor el agua, se retira del fuego y se agrega la planta. Deberá reposar entre 5 y 10 minutos.

- **Maceración:** la planta se deja en reposo todo un día o toda la noche en agua fría.
- **Tintura:** la planta fresca se deja macerar por una semana en alcohol de 96°, mezcal o aguardiente. Si es una corteza, se deja macerar por un mes.
- **Ungüentos:** la planta o su extracto se agrega a una grasa o aceite.
- **Cataplasmas:** la planta picada o machacada cubre la parte afectada, puede ser caliente o fría.
- **Jarabes:** se preparan a partir de una infusión, decocción o tintura endulzada con miel o azúcar.
- **Compresas:** se cubre la zona afectada con un paño limpio sumergido en la infusión de la planta.

Continuando con nuestra investigación te invitamos a que realices lo siguiente:

1. Consulta las ligas de *Etnobotánica maya: algunas plantas de uso medicinal de estomatología*, en Rodríguez (2015) (<https://www.medigraphic.com/pdfs/adm/od-2015/od151e.pdf>); y *Prácticas de higiene bucal no tradicional en comunidades indígenas. Revisión de literatura*, en Corro Fonseca (2015) (<https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/46466/CorroFonsecaEthel.pdf?sequence=2&isAllowed=y>). En ambos documentos encontrarás listados de diferentes plantas medicinales de la región de la península de Yucatán.



- Elige tres plantas y escribe en tu bitácora sus características, el uso que se les da en la salud bucal y cómo se aplican. Decora tu investigación con la imagen de cada una de tus plantas seleccionadas.

Finalmente, te invitamos a que visites algún jardín botánico cercano a donde vives para saber si tienen las plantas que elegiste. En el caso de Mérida, puedes visitar el Jardín Botánico Regional “Roger Orellana”.

Para concluir

Aprendimos que las plantas o parte de ellas nos pueden ayudar a cuidar nuestra salud y bienestar. Y que nuestra región es muy rica en plantas medicinales.



Lo que debes saber

¡Cuidado! Considera que un producto, aunque sea natural, puede ocasionarnos alguna lesión, como es el caso de las resinas de algunas plantas. Infórmate antes de usar cualquier remedio natural.



Actividad 3. Obtención de extractos vegetales



Pregunta de investigación

¿Cómo se obtienen los extractos vegetales?



Objetivo

Obtener extractos de plantas regionales mediante diferentes procesos.

- 6 recipientes de vidrio con tapa que soporten calor.
- Espátula o cuchara.
- Frasco de vidrio mediano.
- Etiquetas.
- Marcador.
- Bata de laboratorio o mandil.
- Guantes.
- Lentes de seguridad.



Lista de materiales

- Hojas de ruda, hierbabuena y albahaca (**Figura 1**).
- Balanza digital de cocina.
- Agua.
- Etanol.
- Taza medidora.
- Placa de calentamiento o estufa.
- Olla limpia.
- Mortero.
- Filtros para café.
- Bitácora.



Figura 1. Plantas seleccionadas para la actividad.



Desarrollo

Existen diversos métodos de extracción que nos permiten obtener componentes específicos de una muestra. Dependiendo del tipo de muestra y el extracto que queremos obtener, se elige el disolvente y la técnica. Te invitamos a que veas el siguiente video: «Extractor Soxhlet | Técnica» (https://youtu.be/fQ8pJ_DPgyo?si=9SsR9-kWnHEslsjs), de Breaking Vlad (2021). Así podrás conocer el proceso de extracción con un equipo Soxhlet.

Para evaluar los extractos que se obtienen, existen técnicas que nos ayudan a identificar los componentes (técnicas cualitativas) y la cantidad en la que están presentes (técnicas cuantitativas). Accede al video «Fundamentos de la espectrofotometría UV-Vis» (https://www.youtube.com/watch?v=Z_xJq0KQ2oc&ab_channel=LaboratoriodeBiof%C3%ADsica), de Laboratorio de Biofísica (2021). Así podrás conocer un equipo empleado en el laboratorio para cuantificar componentes en una muestra: el espectrofotómetro UV-Vis.

¡Importante!



Antes de iniciar cualquier experimento es necesario contar con medidas de seguridad. ¡Ponte tu bata de laboratorio, tus guantes y tus lentes de seguridad! De esta manera contarás con protección ante cualquier incidente que se presente.

Para nuestra investigación evaluaremos el uso de tres diferentes medios de extracción (agua fría, agua caliente y etanol), de tal forma que obtendremos 9 extractos:

Tabla 2. Muestras de extractos a preparar.

Número	Planta	Medio de extracción
1	Albahaca	agua fría
2	Albahaca	agua caliente
3	Albahaca	etanol
4	Hierbabuena	agua fría
5	Hierbabuena	agua caliente
6	Hierbabuena	etanol
7	Ruda	agua fría
8	Ruda	agua caliente
9	Ruda	etanol

El procedimiento que seguiremos es el descrito a continuación.

1. Cada experimento se realizará con 10 ml de volumen del medio y 0.5 g de las hojas de las que se obtendrá el extracto.

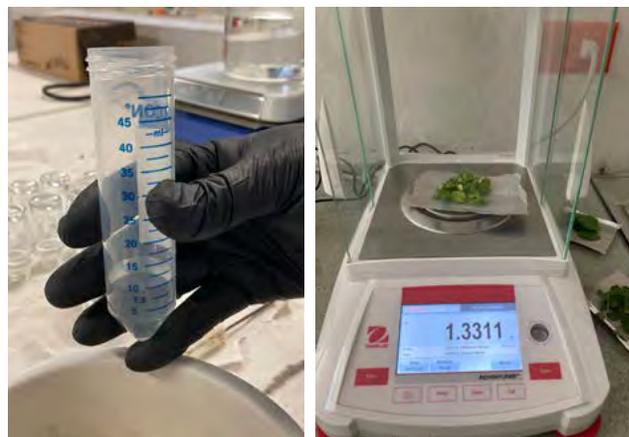


Figura 2. Medición del volumen y pesaje de las hojas.

2. Cuando se requiera, calentar agua (**PRECAUCIÓN** al manipular el agua caliente).



Figura 3. El agua se calienta con mucha precaución.

3. En un mortero colocar el medio (ya sea agua fría, caliente o alcohol) y las hojas para aplastarlas ligeramente.



Figura 4. Procesamiento de las hojas y el medio en el mortero.

4. Empleando los filtros de café, separa las hojas del extracto líquido. Si es necesario, utiliza una espátula o cuchara para presionar las hojas contra el filtro para que el líquido se traspase más fácilmente hacia un frasco de vidrio mediano. Con cuidado, coloca los líquidos filtrados a cada uno de los frascos de vidrio. En la **Figura 6** puedes observar un ejemplo de lo que obtendrás.
5. Usa las etiquetas y los plumones para identificar tu producto; por ejemplo, especifica el medio usado, el tipo de hoja y el día de preparación, así como tu nombre. Evaluar el cambio en las hojas y los medios durante el proceso (cambios de olor, color, textura). Elige uno de los extractos en alcohol para la Actividad 6 y refrigéralo hasta su nuevo uso.

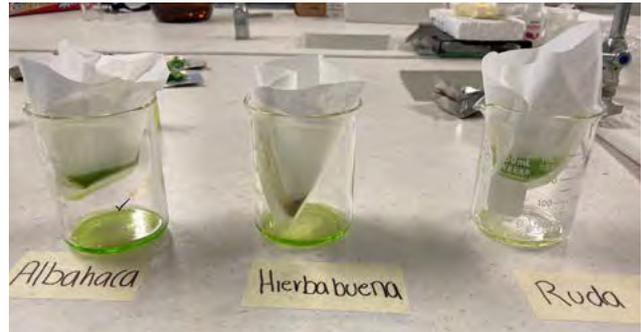


Figura 5. Filtración de los extractos.



Figura 6. Extractos de las hojas de las plantas listadas en la **Tabla 2**.

6. Registra en tu bitácora una descripción del experimento realizado con tus propias palabras, incluyendo la metodología, los resultados, las conclusiones y si tienes alguna recomendación para quien quiera repetir el experimento.

Lo que debes saber



Sabías que las plantas, dependiendo del lugar donde se cultivan, cambian su composición. Es decir, los compuestos que contienen sus extractos varían en tipo y cantidad.

Para concluir

Aprendimos que la temperatura y el tipo de medio de extracción afecta en la obtención de los extractos.



Actividad 4. Los materiales y su aplicación en la salud

Pregunta de investigación

¿Qué tipo de materiales se pueden usar en medicina?

Objetivo

Conocer algunos materiales que se usan en medicina

Lista de materiales

- Material de seguridad: guantes y cubrebocas.
- *Kit* para preparar uñas de acrílico (**Figura 7**) que contenga polvo de acrílico (polimetacrilato de metilo) y monómero (metacrilato de metilo).
- Dos vasos de vidrio que ya no uses.
- Dos tapas de plástico iguales que se usarán como medidas, deberán ser de refresco.
- Abatelenguas para mezclar.
- Termómetro con sensor infrarrojo.
- Cronómetro.
- Dos palitos de madera o un lápiz roto para usar en el experimento.
- Material para realizar anotaciones (bitácora, bolígrafo y lápices de colores).



Figura 7. Componentes para preparar uñas de acrílico.

Desarrollo

Los biomateriales son todos aquellos materiales que pueden ser usados para sustituir o reparar un tejido o parte de tu cuerpo (o el de alguna otra especie) que se ha dañado por distintas razones. Prácticamente todo tu cuerpo puede ser reconstruido con materiales naturales o sintéticos. Pueden tener una estructura densa o porosa, todo dependerá del uso que se le dé. Se fabrican usando un solo material (metal, cerámico, polímero) o con una mezcla de varios de ellos (composites) (CIT, 2020). Los biomateriales cumplen diversas funciones y pueden ser usados en implantes, en dispositivos biomédicos, en soportes tisulares o en materiales para liberación controlada.

Los biomateriales están en contacto con sistemas biológicos e interactúan con algún tejido, órgano o función del cuerpo. Estos materiales no deben producir respuesta del sistema inmune (rechazo) o ser tóxicos. Cada nuevo material que se desarrolle debe ser estudiado antes de ser enviado al mercado para comprobar la seguridad de usarlo, es decir, dicho material debe ser capaz de llevar a cabo su función con una respuesta del huésped adecuada a una situación específica. Algunas de las evaluaciones biológicas *in vitro* que se realizan son: genotoxicidad, hemocompatibilidad, citotoxicidad, etc. Las pruebas *in vivo* (modelos animales) incluyen: irritabilidad dérmica, biocompatibilidad, biodegradación, etc.

En la antigüedad ya existían materiales que se usaban para sustituir alguna parte del cuerpo. Imagínate a un pirata, ¿qué partes de su cuerpo han sido sustituidas?



Los biomateriales empleados para implantes han evolucionado, desde ser materiales inertes hasta ser ahora materiales que se usan para el crecimiento celular. La **Tabla 3** te muestra esa evolución.

Tabla 3. Perspectiva histórica de los biomateriales.

Implantes de primera generación	Dientes de madera, ojos de vidrio, piezas dentales de oro, marfil o placas de hueso.
Implantes de segunda generación	Prótesis dentales de PMMA (polimetilmetacrilato), prótesis mamarias, implantes vasculares de Dacron. Implantes dentales (aleaciones de titanio), ortopédicos (aleaciones cobalto-cromo-molibdeno), polietileno de ultra alto peso molecular, válvulas cardíacas y marcapasos.
Implantes de tercera generación	Materiales poliméricos modificados o completamente nuevos.
Implantes de cuarta generación	Implantes diseñados mediante ingeniería de tejidos con el objeto de promover el crecimiento de estos más que el de reemplazarlos. Ejemplos: piel artificial (Integra, Lifesciences), cartílago (Carticel, Genzyme), cementos óseos reabsorbibles.

Asimismo, te compartimos en la **Tabla 4** algunos ejemplos de materiales y su aplicación.

Tabla 4. Ejemplos de biomateriales y sus aplicaciones.

Materiales	Aplicaciones
METALES	
Aceros inoxidables, aleaciones de cromo-cobalto y aleaciones de titanio	Implantes ortopédicos, dentales
Aleaciones níquel-titanio	Dentales, músculos artificiales contráctiles

Materiales	Aplicaciones
Amalgamas (en desuso)	Dentales
Tantalo	Suturas
Metales nobles	Dentales, electrodos
CERÁMICOS	
Óxido de aluminio	Implantes ortopédicos y dentales
Óxido de titanio	Materiales en contacto con sangre y como relleno
Titanato de bario	Recubrimientos ortopédicos
Fosfatos de calcio	Recubrimientos ortopédicos y dentales, reconstrucción de hueso
Cerámicos de vidrio	Recubrimientos y rellenos de materiales poliméricos
Carbón pirolítico	Recubrimientos ortopédicos, ligamentos y materiales en contacto con sangre
POLÍMEROS	
Poliamidas	Bases para dentaduras, suturas
Polioléfinas	Implantes ortopédicos
Poliacrilatos y metacrilatos	Cementos óseos, lentes de contacto, adhesivos
Polietilentereftalato	Ligamentos, catéteres
Poliuretanos	Sistema cardiovascular
Silicones, hule sintético y natural	Prótesis mamarias
MATERIAL COMPUESTO	
Carbono-politetrafluoroetileno	Implantes dentales
Carbono-Poliéter éter cetona	
Hidroxiapatita-Polietileno	Implantes otológicos

De la tabla anterior elegiremos uno de los biomateriales usados en la ortopedia: los cementos óseos.



Sus componentes son básicamente los mismos que se emplean para hacer uñas acrílicas. Sin embargo, aunque compartan composición, esto no quiere decir que las uñas acrílicas sean un biomaterial, ya que no interactúan con un tejido, órgano o ayudan a una función del cuerpo. Cabe mencionar que, gracias a las pruebas biológicas hechas a los cementos óseos, sabemos que cuando una persona decida colocarse uñas acrílicas no tendrá una reacción adversa severa.

En este video puedes conocer el procedimiento que sigue un médico o médica en la preparación del cemento óseo en el quirófano.

Enfermeros Quirófano Alcázar

«Realización de la mezcla de cemento para prótesis óseas mediante Mezclador de cemento Palamix»

https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=WrmAVHmit_Y

¡Imagina que eres ortopedista y prepararás un cemento óseo para fijar una prótesis!

1. Una vez que estés con la protección del material de seguridad (guantes y cubrebocas), realizarás la mezcla del polímero (acrílico en polvo) y el monómero (monómero de acrílico). La proporción que debes usar es de 2:1, es decir, dos medidas de polvo por una de líquido. Con la ayuda de las tapas de refresco mide la cantidad requerida de cada componente para la mezcla. Con la tapa de refresco mide dos veces el polvo de acrílico y colócalo en un vaso de vidrio, en el otro vaso coloca el monómero que medirás con la otra tapa de refresco. Posteriormente, agrega el líquido al polvo y con el abatelenguas mezcla rápidamente.



Figura 8. Acrílico en polvo y monómero de acrílico, listos para usarse.

2. Monitorea la temperatura con el termómetro infrarrojo durante la conversión de la pasta a un sólido. Registra cuánto tiempo necesita para que se endurezca.



Figura 9. Toma de temperatura del material obtenido.

3. Repetir el paso uno y unir el lápiz roto o los dos palitos de madera usando el cemento que preparaste.

Para concluir la actividad te invitamos a que, usando tu imaginación y la información de esta sección, realices una historieta donde el personaje principal use tres biomateriales (puede ser un ser humano o una mascota biónica).



Lo que debes saber



Cuando prepares un **cemento óseo** ten cuidado porque es una reacción exotérmica, lo que quiere decir que libera calor y puedes sufrir quemaduras. Además, hay compuestos volátiles (olores), por lo que te sugerimos usar guantes, mascarilla y realizar la actividad en un lugar abierto.

Para concluir

Descubrimos que es posible utilizar materiales cerámicos, metálicos y poliméricos (plásticos) para reemplazar o reparar partes del cuerpo. Antes de hacer un nuevo material para sustituir una parte de tu cuerpo, es importante saber qué función tendrá, así como las propiedades que debe cumplir para su aplicación. Conociendo lo anterior, determinaremos qué estructura y composición química es la ideal para cumplir dicha función.



Actividad 5. Materiales usados en odontología



Pregunta de investigación

¿Qué hace diferentes a los materiales dentales?

metales), resinas compuestas (hechas de resina y partículas de relleno), cerámicas (compuestas de vidrio y cerámica), metales (como el oro o el titanio) y porcelana, entre otros. (**Tabla 5**).



Objetivo

En esta actividad conocerás algunos de los materiales dentales más utilizados en la práctica diaria de las y los dentistas.

Tabla 5. Características de los materiales dentales.



Lista de materiales

- Libreta.
- Bolígrafo o lápiz.

<p>Composición química: cada tipo de material tiene propiedades químicas y físicas específicas que se aprovechan para ser usados en las diferentes áreas odontológicas. Pueden ser metales, cerámicas, polímeros y compuestos híbridos.</p>	<p>Biocompatibilidad: no deben causar reacciones adversas en los tejidos orales ni ser tóxicos para el cuerpo. Los materiales utilizados en odontología antes de su comercialización son rigurosamente analizados en laboratorios con pruebas específicas para garantizar su seguridad y tolerancia por parte del cuerpo</p>
<p>Resistencia y durabilidad: los materiales dentales deben ser lo suficientemente resistentes y duraderos para soportar las fuerzas masticatorias y otras tensiones en la cavidad oral.</p>	<p>Estética: los materiales dentales, como las resinas que se utilizan en procedimientos de restauración dental, deben proporcionar un resultado visualmente armonioso.</p>



Desarrollo

En la odontología se utilizan diversos materiales sobre los tejidos vivos con la finalidad de restaurar o rehabilitar el funcionamiento de los dientes.

Los materiales dentales pueden estar compuestos de diferentes formas: amalgama dental (aleación de mercurio, plata y otros



La selección del material que se utilizará depende de la valoración clínica que se realice al paciente, de su estado de salud sistémico y de la presencia de alergias. Sin embargo, es importante tener un conocimiento general de las propiedades físicas y químicas de cada uno de los materiales dentales

La elección del material dental adecuado depende de varios factores, como la ubicación del diente, la cantidad de estructura dental comprometida, las necesidades estéticas del paciente, la preferencia del odontólogo u odontóloga y la disponibilidad del material en la práctica dental.

Los materiales dentales se pueden clasificar como:

Materiales de obturación: usados en procedimientos de restauración de dientes dañados a causa de la formación de caries. Pueden ser provisionales (**Figura 10**) o permanentes. (**Figura 11**)



Figura 10. (a) Óxido de zinc y eugenol, (b) hidróxido de calcio, (c) ionómero de vidrio tipo II.



Figura 11. (a) Resina compuesta, (b) resina fluida, (c) resina BulkFill.

Materiales de impresión dental: sustancias empleadas para crear réplicas precisas de la estructura dental y tejidos circundantes en la cavidad oral. Estas impresiones son necesarias para las restauraciones dentales, como coronas, puentes, prótesis y aparatos ortodónticos.



Figura 12. (a) Alginato, (b) silicona por condensación.

Materiales para cementación: empleados para restauraciones dentales, como coronas, puentes, incrustaciones y carillas a los dientes naturales. Deben proveer adhesión fuerte y duradera, así como una estética adecuada.



Figura 13. (a) Cemento de ionómero de vidrio, (b) cemento de resina dual.





Para complementar el proyecto que estamos realizando, te invitamos a que conozcas más materiales dentales consultando las ligas de los siguientes videos:

Zairy Cueto

«Materiales Dentales-Usos y componentes»
<https://www.youtube.com/watch?v=qlen-nE-CixM>

FA3. Nuevos materiales. Divulgatia.

«Biomateriales dentales»

<https://www.youtube.com/watch?v=2S7D8-LKZwg>

Con la información anterior, realiza la siguiente actividad:

Aplica lo que has aprendido para ayudar a tres pacientes que visitan al dentista con alguno de los problemas mencionados en la siguiente tabla. En tu libreta escribe los datos que faltan en la tabla. Fíjate en el ejemplo:



Problema	Solución	Material que usarías	Clasificación del material elegido y alguna característica
Ejemplo: Luis se rompió un diente mordiendo un caramelo.	Restaurar su diente	Resina compuesta	Material de obturación permanente, se puede igualar el color del diente.
1) A María le duele una muela por tener caries.			
2) A José le quitaron una muela y quiere que se la repongan.			
3) Pedro rechina los dientes al dormir.			

Lo que debes saber



Un tipodonto (**Figura 14**) es un modelo anatómico de dientes y estructuras orales utilizado en la enseñanza y práctica de la odontología. Está diseñado para simular con precisión la forma, la función y la relación entre los dientes en la boca humana.



Figura 14. Tipodonto.

Para concluir

Entendimos la importancia del cuidado de los dientes y conocimos la variedad de materiales que se emplean en su reparación o sustitución. Y que estos materiales están diseñados para satisfacer necesidades específicas en términos de resistencia, durabilidad, biocompatibilidad y estética, a fin de lograr resultados funcionales y estéticos.



Actividad 6. Propuesta para un nuevo material de uso dental: elaboración de pasta dental casera y enjuague bucal con extractos vegetales



Pregunta de investigación

¿Qué ventajas y desventajas tenemos al elaborar nuestros productos de higiene bucal?



Objetivo

Elaborar productos para la higiene bucal con materiales de uso común y extractos vegetales.



Lista de materiales

Pasta de dientes

- Vaso limpio.
- ¼ de taza de aceite de coco.
- 2 cucharadas pequeñas de bicarbonato de sodio.
- Extractos vegetales (de la Actividad 3).
- Abatelenguas.
- Frasco de vidrio con tapa pequeña (puede ser de mayonesa pequeño).
- Etiquetas.
- Plumón.

Enjuague bucal

- Extractos vegetales en alcohol (de la Actividad 3).
- Agua.
- Frasco limpio con tapa.
- Etiqueta.
- Plumón.



Desarrollo

El desarrollo de nuevos materiales dentales es un campo de investigación activo y es posible que haya estudios en curso

que indaguen la incorporación de extractos vegetales en materiales dentales para mejorar sus propiedades o para brindar beneficios adicionales.

Por ejemplo, el aceite de árbol de té y el aceite de clavo de olor se han utilizado en pastas de dientes y enjuagues bucales debido a sus propiedades antimicrobianas. Sin embargo, es importante tener en cuenta que estos ingredientes generalmente se utilizan como aditivos en pequeñas concentraciones y no como materiales de restauración dental en sí mismos.

Uno de los materiales más relevantes en higiene oral es la pasta dental, ya que este producto se usa de 2 a 3 veces al día y es parte de la rutina básica para mantener una boca saludable. Existe una gran variedad de pastas dentales comerciales, con propiedades específicas. Del mismo modo, el enjuague bucal es un elemento de uso regular que ayuda a mantener la salud bucal.

La elección de algún producto de higiene bucal está en función de las preferencias personales, las necesidades dentales individuales y las experiencias previas. Algunas personas pueden tener una inclinación hacia los productos dentales hechos con ingredientes naturales, como los extractos vegetales. Pueden sentirse más cómodos utilizando productos que consideran más orgánicos, seguros o respetuosos con el medio ambiente.

Lo más importante es que los materiales dentales utilizados sean seguros, efectivos y apropiados para abordar las necesidades de salud bucal de cada persona.



¿Se te acabó la pasta dental y el enjuague bucal y ya cerraron el supermercado? Con materiales que puedes encontrar en tu casa puedes realizar tu rutina de limpieza con ingredientes naturales. A continuación, te propondremos dos actividades para la elaboración de productos de higiene bucal de origen natural.

¡Hagamos una **PASTA DE DIENTES!**

1. En el vaso limpio se agrega el aceite de coco, el bicarbonato de sodio y de 5 a 8 gotas del extracto que preparaste anteriormente (ese será el sabor de tu pasta dental).



2. Revuelve lentamente con el abatelenguas todos los ingredientes hasta crear una pasta homogénea.

3. Con el mismo abatelenguas, coloca la pasta dental en un frasco limpio y ponle su etiqueta con la fecha de elaboración.



4. ¡Ya tienes tu pasta dental lista! Puedes usarla hasta por una semana y preparar más cada vez que necesites.



5. Elabora un texto donde expreses qué piensas del uso de materiales caseros para la limpieza dental.

Ahora preparemos nuestro propio **ENJUAGUE BUCAL:**

1. Utiliza los extractos concentrados preparados previamente.



2. En un frasco prepara diluciones 1:10, es decir, 1 parte de extracto por 9 de agua y revuelve bien. ¡Tú enjuague está listo!



3. Agita la botella antes de cada uso.
4. Realiza enjuagues bucales con aproximadamente 20 ml del líquido después del cepillado dental.
5. Hazlo durante al menos 30 segundos, asegurándote que el líquido llegue a todas las partes de tu boca.
6. Escupe el enjuague y evita tragarlo.



Lo que debes saber

Los antiguos mayas tenían técnicas sofisticadas de limpieza dental que consistían en el masticado de distintas raíces naturales, como lo es la planta *chac muc* (*Rauwolfia heterophylla*), o también masticaban lo que conocemos como chicle, que se obtiene de la resina o látex del chicozapote (*Manilkara zapote*).

Recuerda que este enjuague casero puede proporcionar un aroma refrescante y una sensación de limpieza en tu boca. Sin embargo, no sustituye una buena rutina de higiene bucal ni el consejo de un dentista profesional.

Para concluir

Aprendimos a preparar una pasta dental y un enjuague bucal con ingredientes naturales.

Esta actividad ha destacado la utilidad en opciones de higiene bucal más naturales y sostenibles, al mismo tiempo que ha brindado una experiencia práctica y educativa que puede tener beneficios duraderos para nuestra salud y el medio ambiente.



Actividad 7. ¡Ponle sabor!



Pregunta de investigación

¿Cómo se adiciona sabor a los productos?



Objetivo

Elaborar un chicle con un saborizante natural.



Lista de materiales

- Chicle natural.
- Extracto vegetal de tu elección.
- Cuchara medidora.
- Un vaso pequeño de vidrio.



Desarrollo

Sigue estos pasos para preparar tu propio chicle con el sabor que más te guste.

1. Toma una porción de chicle natural, por ejemplo, marca Chiczá, que puede ser adquirido en la página de la tienda en línea.
2. En un vaso pequeño agrega 1 o 2 cucharadas del extracto que has preparado anteriormente.
3. Agrega el chicle al extracto y con ayuda de una cuchara asegúrate que se mantenga remojando por unos minutos.
4. Observa si hay algún cambio.
5. Después de 15 min retira el chicle del extracto.
6. Ya puedes masticarlo y ver si le ha cambiado el sabor.
7. Compáralo con el chicle natural que no tiene aditivos.





Lo que debes saber



Así como podemos darle sabor a un chicle, también es posible saborizar productos de uso dental, como es el caso de los alginatos usados para las impresiones dentales.

Para concluir

Los materiales dentales pueden ser saborizados para comodidad de los pacientes sin que se afecten sus propiedades. El uso ocasional de chicle de origen natural sirve para la limpieza dental, además de que ayuda al medio ambiente porque es biodegradable.



Actividad 8. Concluimos la experimentación. ¿Ahora qué sigue?



Pregunta de investigación

¿Qué hacer con la información que obtuvimos de la experimentación?



Objetivo

Elaboración del reporte final.



Lista de materiales

- Bitácora o computadora.



Desarrollo

¡La experimentación ha concluido! Para llegar al término de tu investigación, ahora debes analizar la información recopilada y las experiencias adquiridas, teniendo como objetivo final compartir tus resultados con más personas.

Te sugerimos sigas estos pasos:

1. Elaborar un documento que te sirva de guía. Debe incluir:

- a. Una portada que indique el título del trabajo, los nombres de las y los participantes y el de la institución donde se realizó la investigación.
- b. Un resumen, en el que debes mencionar en un solo párrafo, la descripción del contenido de todo este documento.
- c. La información principal debe estar conformada por:
 - i. Una introducción donde describas de manera general la importancia de esta investigación, los antecedentes del tema, los objetivos que deberá cubrir esta investigación y tu hipótesis. Considera explicar la importancia de desarrollar nuevos materiales para aplicaciones dentales y el uso de la medicina tradicional, y las ventajas que esperas aporte tu investigación.
 - ii. La metodología donde expliques cada uno de los procedimientos realizados en este proyecto para la obtención de los extractos y los productos o materiales modificados.



- iii. Los resultados. En esta sección presentarás un resumen y análisis de los datos recopilados en tu experimentación (metodología); presentar imágenes es de gran ayuda para comprender los resultados.
 - iv. Las conclusiones. Aquí deberás agregar de manera puntual lo que tu investigación aporta, mencionando si lograste comprobar tu hipótesis (pregunta inicial); es deseable que también incluyas lo que esta investigación aportó a tu formación académica. También puedes agregar recomendaciones para quien desee replicar tu investigación.
- d. Las referencias. En esta sección deberás listar las fuentes de información que has mencionado (citado) en tu trabajo. Se sugiere emplear el formato APA 7 (Rivas, 2022).
2. Del documento anterior, toma la información necesaria para realizar una presentación donde expliques tu investigación de manera clara y corta, de modo que quien lo lea preste atención e interés. Puedes usar el formato que mejor consideres, un archivo de PowerPoint, un video, un cartel, un tríptico, etc. Se sugiere usar más imágenes que texto.

Para concluir

Con esta actividad habrás aprendido que después de hacer un experimento tienes que darlo a conocer, es decir, puedes hacer una publicación, una presentación o un video que muestre la importancia de la ciencia en tu vida diaria.



CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO

Una buena salud bucal es importante para mantener nuestra autoestima, poder hablar bien y sobre todo para tener una linda sonrisa. Sin embargo, a veces la descuidamos o no podemos cepillarnos todos los días y otras veces no tenemos a un dentista cerca para que nos cuide. Sin embargo, nosotros podemos crear algunos materiales que nos

ayuden a cuidar nuestra boca y nuestros dientes. Estos pueden hacerse con extractos de plantas que hay en nuestro jardín o en el mercado y que pueden ser muy económicos y eficaces. Haciendo esto puedes descubrir nuevos materiales dentales que ayudan a tu comunidad.



SOBRE LOS AUTORES Y AUTORAS

«¡Hola! Soy **Paola Azueta Aguayo**, cirujana dentista egresada de la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY). Actualmente estudio la maestría en Investigación en Salud en el Posgrado Interinstitucional en Ciencias de la Salud de la UADY. Mi investigación actual se centra en el estudio de biomateriales dentales para pacientes pediátricos y tengo la oportunidad de trabajar en los laboratorios del CICY. Me apasiona experimentar con los materiales dentales y saber que, al innovar en el laboratorio, el trabajo será más sencillo en la práctica clínica».

«Soy **Rossana Vargas**, química industrial graduada por la Facultad de Ingeniería Química de la UADY (1999) y he trabajado desde ese año en la Unidad de Materiales del CICY realizando síntesis química, caracterización de materiales y coasesorando estudiantes de licenciatura (servicio social, prácticas profesionales y tesis). Mis equipos de caracterización favoritos son el microscopio electrónico de barrido y el espectrofotómetro Raman. Disfruto aprendiendo nuevas técnicas de caracterización, actualmente estoy aprendiendo a usar el microscopio de fuerza atómica».

«Soy la **Dra. Fabiola Azucena Gutiérrez Mejía**. Me doctoré en la Universidad Técnica de Eindhoven de los Países Bajos. Actualmente hago una estancia posdoctoral en la Unidad de Materiales del CICY. Mi

investigación se enfoca en el desarrollo de recubrimientos de implantes metálicos con aplicaciones en medicina dental y/u ortopedia. Me apasiona el tema de la salud dental, ya que desde que era niña tuve complicaciones con mis dientes y aprendí que con conocimiento y constancia podemos tener una sonrisa saludable».

«Soy la **Dra. Claudia Vásquez López**. Desde 1994 he realizado actividad docente en la Universidad de Sonora, en la carrera de Ingeniería Química. Estudié una maestría y un doctorado en Ciencias de los Materiales en la Universidad de Sonora, desarrollando materiales de poliuretano con aplicación en ingeniería de tejidos (huesos). Actualmente estoy realizando una estancia posdoctoral en la Unidad de Materiales del CICY, en el área de Materiales para medicina regenerativa».

«¡Hola! Soy el **Dr. Juan Valerio Cauich Rodríguez**, químico industrial por la Facultad de Ingeniería Química de la UADY (1988). Realicé estudios de maestría en la Universidad de Manchester, Inglaterra, en Ciencia y Tecnología de Polímeros (1994). Obtuve el doctorado en Queen Mary & Westfield College de la Universidad de Londres, Inglaterra (1997). Desde 1998 soy Profesor-Investigador del CICY en la Unidad de Materiales. Mi línea de investigación son los polímeros con aplicaciones médicas».



GLOSARIO

Alginato: es una sustancia versátil que se utiliza en diferentes industrias debido a sus propiedades gelificantes, espesantes y de liberación controlada. Su origen natural y sus propiedades hacen que sea una opción popular en la formulación de materiales que se utilizan para impresiones dentales.

Antiinflamatorio: fármaco que alivia los malestares resultantes de un proceso inflamatorio (enrojecimiento, inflamación y dolor).

Antimicrobiano: aquella sustancia que destruye microorganismos o impide que se desarrollen.

Bacterias cariogénicas: son aquellas que están asociadas con la formación de caries dental. Estas bacterias son principalmente del género *Streptococcus* y *Lactobacillus*, aunque hay otras especies bacterianas involucradas en menor medida.

Biodegradable: material susceptible a una descomposición por medio de organismos vivos.

Biomateriales: un biomaterial es cualquier sustancia artificial o biológica que ha sido diseñada para interactuar con sistemas biológicos y cumplir un propósito médico.

Biopelícula: es una comunidad microbiana estructurada y adherida a una superficie que está incrustada en una matriz extracelular de sustancias poliméricas producidas por los propios microorganismos. Estas comunidades bacterianas forman una especie de «película» o capa delgada en la que las bacterias se agrupan y se adhieren a una variedad de superficies dentales.

Cementos óseos: son materiales poliméricos a base de polimetacrilato de metilo usados en ortopedia para fijar prótesis metálicas de cadera, rodilla, hombro, codo o reparar vértebras.

Extracto vegetal: son preparados que se obtienen de la extracción de diferentes sustancias vegetales a partir de diversos procesos como: maceración, fermentación, infusión, decocción y esencias. Los principios activos presentes en cada planta son complejos fitoquímicos (metabolitos secundarios); podemos encontrar gran variedad y diferentes concentraciones, por lo que sus beneficios son variados.

Polímeros: especie química formada por la repetición de una unidad llamada monómero.

Odontología: especialidad médica que trata las enfermedades típicas de la boca.



REFERENCIAS

- Breaking Vlad. (2021, diciembre 16). *Extractor Soxhlet | Técnica*. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=fQ8pJ_DPgyo
- Centro de Innovación y Tecnología. (2020, mayo 11). *Biomateriales*. Universitat Politècnica de Catalunya-BarcelonaTech (UPC). Recuperado el 20 de junio de 2023. <https://cit.upc.edu/es/biomateriales/>
- Corro Fonseca, E. K. (2015). *Prácticas de higiene bucal no tradicionales en comunidades indígenas. Revisión de literatura*. [Monografía para obtener el grado de: especialista en odontología infantil]. Universidad Veracruzana. Campus Xalapa, México. <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/46466/CorroFonsecaE-thel.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Cueto, Z. (2013, noviembre 27). *Materiales Dentales - Usos y componentes*. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=qIen-nEClxM>
- Divulgatia. (2015, septiembre 30). *Biomateriales dentales*. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=2S7D8-LKZwg>
- Ellakany, P., Madi, M., Fouda, S. M., Ibrahim, M., & Alhumaid, J. (2021). The effect of parental education and socioeconomic status on dental caries among saudi children. *Int J Environ Res Public Health*, 18(22). <https://doi.org/10.3390/ijerph182211862>
- Enfermeros Quirófano Alcázar. (2017, octubre 6). *Realización de la mezcla de cemento para prótesis óseas mediante Mezclador de cemento Palamix*. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=WrmAVHmit_Y
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). (s.f.). *Manuales prácticos para la elaboración de bioinsumos. 10. Elaboración de Extractos Vegetales*. Recuperado el 22 de junio de 2023. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/737322/10_Extractos_vegetales.pdf
- Laboratorio de Biofísica. (2021, marzo 24). *Fundamentos de la espectrofotometría UV-Vis*. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=Z_xJq0KQ2oc
- Rivas, A. (2022). *Cómo hacer una lista de referencias con Normas APA*. Guía Normas APA. <https://normasapa.in/como-hacer-la-lista-de-referencias/>
- Rodríguez, L. de las M. (2015). Etnobotánica maya: algunas plantas de uso medicinal en estomatología. *Revista ADM*, 72(1), 21-25. <https://www.medigraphic.com/pdfs/adm/od-2015/od151e.pdf>
- Smaïl-Faugeron, V., Glenney, A. M., Courson, F., Durieux, P., Muller-Bolla, M., & Chabouis, H. F. (2018). Pulp treatment for extensive decay in primary teeth. *Cochrane Database Syst Rev*, 5(5). CD003220. <https://doi.org/10.1002/14651858.cd003220.pub3>



4S

Microplásticos, un macrodesafío

M. C. Tania Paulina Gil Cortés

Ing. José Luis Quijano Mendoza

Ing. Luis Édgar Espinoza Castillo

Dra. Ángela Francisca Ku González

Dr. José Manuel Cervantes Uc

Dra. Nayeli Rodríguez Fuentes

Unidad de Materiales (Laboratorio de Biomateriales)

Descripción

Las y los participantes conocerán acerca de la ubicuidad de los **microplásticos** y cómo identificarlos en la vida cotidiana; descubrirán el macrodesafío que representan estos microcontaminantes en la salud humana y en los ecosistemas, y adquirirán conciencia sobre la importancia de aminorar el uso y producción de estas micropartículas.

Objetivo general

Identificar el macrodesafío que representa la ubicuidad de los microplásticos en su contacto con los seres vivos.



Materias afines

- Biología.
- Física.
- Química.
- Tecnología.

¿Qué vas a aprender?

- Microplásticos, su distribución y sus efectos.
- Identificación de microplásticos.
- Degradación de polímeros.
- Acciones para aminorar la generación de microplásticos.
- El método científico.



Pregunta inicial

¿Por qué los microplásticos representan un macrodesafío?



PANORAMA GENERAL DEL TEMA

Desde que los **plásticos** fueron introducidos a la sociedad occidental en la década de los cincuenta, la liberación de estos materiales al medio ambiente, ya sea accidental o deliberadamente, ha llevado a la contaminación de los ecosistemas. Este problema se ha extendido por todo el planeta, incluyendo regiones tan lejanas como la Antártida (Convey et al., 2002), lagos montañosos remotos (Free et al., 2014) e incluso el lecho oceánico más profundo, ambientes que hipotéticamente deberían estar libres del impacto humano (Barnes et al., 2009; Hanvey et al., 2017).

Los desechos plásticos presentes en el medio ambiente se han clasificado de muchas maneras; tal vez la más común es de acuerdo a la naturaleza de estos materiales poliméricos, por lo que entonces, se puede hablar de plásticos como el polietileno tereftalato (PET), el polietileno (PE), el policloruro de vinilo (PVC), el polipropileno (PP), el poliestireno (PS), entre otros.

La naturaleza (tipo) de los plásticos encontrados en el medio ambiente, varía en función de la muestra analizada (agua, tierra, aire, sedimentos, etc.), el país o región, localización geográfica, entre otros factores. Así, mientras Hanvey et al. (2017) reportan que los plásticos que se encuentran en

mayor proporción como contaminantes del mar son el PE, PP y PS, Talvitie et al. (2017) identificaron 13 **polímeros** en muestras de efluentes de agua de desecho. Por su parte, Lares et al. (2018) detectaron la presencia de PET, PE, poliamidas (también llamadas nylons), entre otros, en muestras de sedimentos (lodos).

Otra manera de clasificar a los desechos plásticos es tomando en cuenta su tamaño. En la **Tabla 1** se presentan los nombres propuestos para este tipo de materiales según su tamaño.

Tabla 1. Terminología propuesta por Hanvey et al. (2017) para clasificar a los plásticos.

Intervalo de tamaño	Término propuesto
>20 cm	Macroplásticos
5-20 cm	Mesoplásticos
1-5 mm	Microplásticos grandes
1-1000 µm	Microplásticos pequeños
<1000 nm	Nanoplásticos

Conviene señalar que el término «microplástico» (MPs) fue acuñado en el 2009 durante un taller internacional de investigación sobre la ocurrencia, efectos y des-



tino de los desechos plásticos marinos, organizado por la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica del gobierno de los Estados Unidos. Esta palabra fue empleada para referirse a todas aquellas partículas plásticas menores de 5 mm; a pesar de lo anterior, existen reportes sobre la presencia de MPs en sedimentos desde el 2004, donde se usaba esta palabra para referirse a las partículas menores de 1 mm. Debido a la fecha de publicación, varios autores y autoras han continuado con esta definición.

El establecimiento de límites en los intervalos de tamaños señalados en la **Tabla 1** también ha sido motivo de polémica porque la mayoría de las y los investigadores acepta el hecho de que usar mallas de 333 µm para recolectar muestras de MPs retiene también plancton y otros desechos flotantes; además, se ha reportado que el tamaño más pequeño del que se puede recolectar muestras del medio ambiente es de 1 µm. A pesar de todo lo anterior, es muy difícil detectar visualmente plásticos menores a 100 µm, aun usando un microscopio.

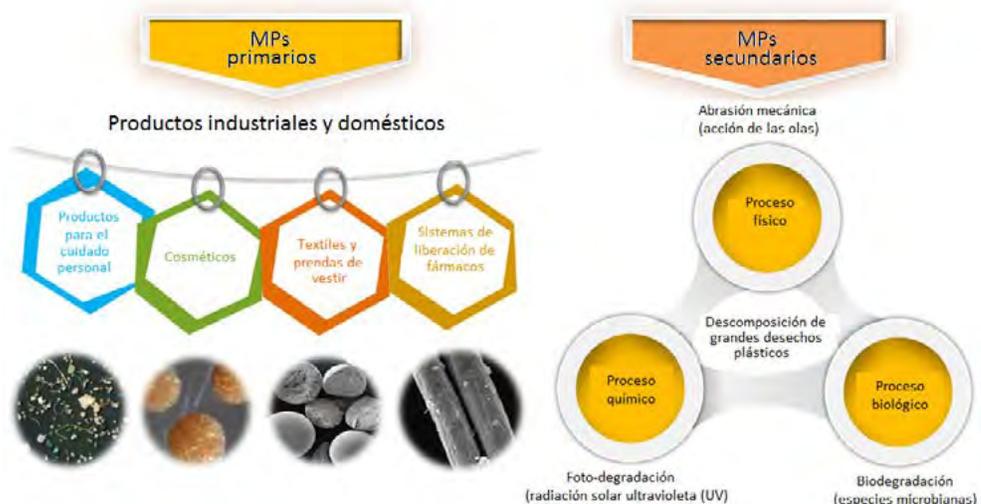
Por otra parte, los MPs han sido clasificados según la forma en que se genera la micropartícula (Browne et al., 2011); de esta forma, los MPs han sido divididos en:

1. **MPs primarios.** Aquellos preparados originalmente de tamaño micrométrico, como las partículas incorporadas a productos de cuidado personal como cosméticos, pastas dentales, etc., e incluyen a los pellets y microperlas.
2. **MPs secundarios.** Aquellos que son obtenidos por la fragmentación, ya sea mecánica o química, de desechos plásticos más grandes, como por ejemplo las fibras liberadas de los textiles sintéticos (llamados como microfibras).

La importancia de estudiar los MPs radica en que, hasta ahora, se desconocen los efectos que este tipo de partículas pueden producir en los diferentes seres vivos que habitan un ecosistema. Incluso algunos investigadores e investigadoras, como Helm (2017), han planteado preguntas de investigación como: ¿cuáles y cuántos MPs están en nuestras aguas?, ¿de dónde provienen los MPs?, ¿qué daño causan los MPs?, y ¿qué podemos hacer para reducir la presencia de MPs en el medio ambiente?

Es por esto que el tema de los MPs es considerado un macrodesafío. En la **Figura 1** se muestran las fuentes principales de los MPs marinos.

Figura 1. Fuentes de MPs marinos. Se muestra el origen de los MPs y las diversas formas y colores (Tomada y modificada de Wang & Li, 2018).





PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

Este proyecto despertará el interés por el cuidado del medio ambiente a través de actividades experimentales que permiten la reflexión sobre la contaminación por MPs.

¿Sabías que se han encontrado MPs en todos los ecosistemas, así como en lugares tan remotos y escasos de actividad humana como la Antártida?

¡Esto sí es un desafío enorme! Para dimensionar su potencial impacto en la salud humana, observarás MPs en actividades domésticas y en contacto con **células** humanas, para finalmente plantear alternativas que permitan afrontar este macrodesafío.

La **Figura 2** representa la presencia de MPs en lugares tan lejanos como la Antártida.



Figura 2. Antártida con MPs (Elaboración: Rodríguez-Fuentes, N., 2023).



DESARROLLO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



Actividad 1. Fabricando microplásticos en casa

Pregunta de investigación

¿Estoy fabricando cotidianamente MPs en mi casa?

Objetivo

Cuantificar los MPs de la lavadora, registrar sus características y analizar el impacto que tienen.



Lista de materiales

- Frasco de vidrio transparente (de al menos 400 ml).
- Agua restante del lavado de ropa.
- Un pedazo de tela 10 x 10 cm (TUL 70 LISO BLANCO).
- Botella de plástico vacía de 1 litro.
- Ligas de hule.
- Bote de plástico de ½ litro.
- Lupa, microscopio o estereoscopio.
- Bata.



Desarrollo

1. Recolectar agua restante del lavado de ropa en casa en un frasco de vidrio con tapa.
2. Vaciar el agua en la botella de plástico.
3. Colocar el pedazo de tela en la boquilla de la botella con la liga de hule.
4. Voltear la botella hacia el bote de plástico para dejar caer el agua.
5. Retirar con cuidado la tela de la botella.
6. Observar los MPs con el microscopio, estereoscopio o lupa.
7. Realizar un conteo de los MPs.
8. Registrar su forma y color.
9. Analizar su posible impacto en el medio ambiente y los seres vivos.
10. Generar propuestas para aminorar la producción de MPs al lavar.



Figura 3. Desarrollo experimental de la Actividad 1 (Fotografías: Gil Cortés, T. P., 2023).

Notas

- El agua recolectada puede provenir también de una cubeta del lavado a mano.
- El frasco de vidrio donde se colecte el agua y la botella de plástico deben estar muy limpios.
- Al tomar la tela, evitar tocarla del centro para minimizar la **contaminación cruzada**.
- Se puede emplear una lupa en vez de microscopio, incluso un celular y maximizar la imagen.





Lo que debes saber



Los MPs son plásticos con diámetro de <5 mm, pueden presentarse en diversas formas como esferas, pellets, fragmentos, fibras y películas. También pueden tener cualquier color que te imagines, como negro, blanco, rojo, azul, verde, amarillo, etc. (Hirt, et al., 2020; Lebreton et al., 2018; Frias, et al., 2019).

Estas micropartículas se obtienen del desgaste de plásticos más grandes, como bolsas de plástico, botellas de agua, ropa, envoltorios, etc. (MPs secundarios). También los podemos encontrar previamente fabricados de un tamaño <5 mm en productos de higiene personal, como la pasta dental, cremas, exfoliantes, maquillaje, entre otros (MPs primarios) (Hirt, et al., 2020; Porte Visa, 2022).

¡Los podemos encontrar en cualquier lado! Los MPs están en todas partes, en el aire que respiramos, en el agua de los ríos y mares, en nuestra comida, en nuestras casas, escuelas, oficinas, los parques, en el suelo, hasta en la Antártida (Brouwer et al., 2022).

Se han encontrado MPs en las playas de la península de Yucatán, en el sargazo del Caribe y en cenotes y pozos de la región. La mayoría de estos tienen forma de fibra de color transparente, blanco, azul y negro (Mendoza-Olea et al., 2022). En la **Figura 4** se muestran las vías de acceso de los MPs al ser humano, así como la presencia de estos microcontaminantes en todos los ecosistemas.

Los MPs tienen alta compatibilidad y afinidad con otros contaminantes que se encuentran en el ambiente, como los plaguicidas, hidrocarburos, bifenilos policlorados, entre otros (Bouwmeester et al., 2015). Esto hace a los MPs un contaminante muy pequeño, pero potente, debido a que posee contaminantes adheridos. Otro dato curioso es que a los MPs se les pueden

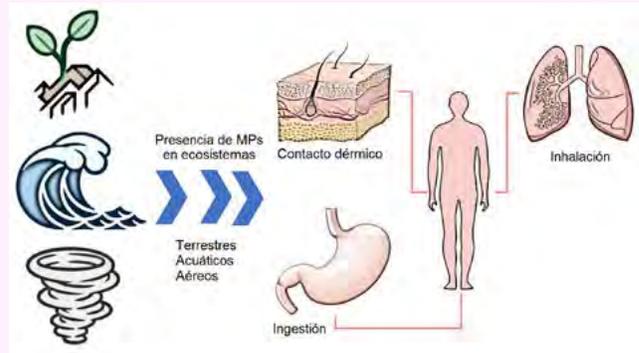


Figura 4. MPs y su contacto con los seres humanos (Imagen: Rodríguez-Fuentes, N., 2023).

adherir microorganismos convirtiéndose en arrecifes microbianos!

¿Sabías que al lavar 6 kg de ropa se pueden liberar hasta 700 000 microfibras? Si nuestras prendas son de nylon u otros tipos de textiles plásticos, entonces ¡estas microfibras serán también una forma de MPs! (Napper & Thompson, 2016). En la **Figura 5** se muestra la generación de MPs en la lavadora.



Figura 5. MPs y el lavado de ropa (Imagen: Gil Cortés, T. P., 2023).

Si quieres saber cómo afectan los MPs a las especies marinas, consulta este video:

Dragondeluz

«**Cómo afectan los desechos plásticos a los animales en el océano**»

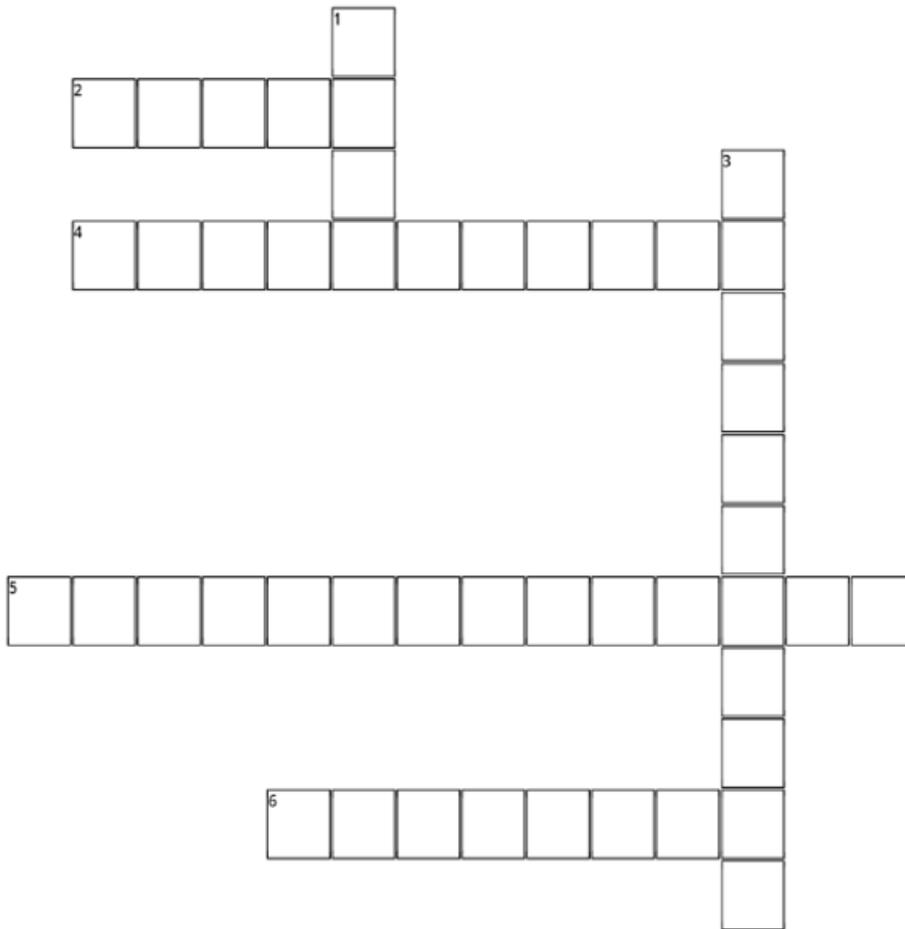
Enlace: <https://www.youtube.com/watch?v=h9Lw2wpZEwE>





Si quieres retar tu conocimiento sobre MPs y el lavado de ropa, resuelve este crucigrama.

ACTIVIDAD DE EVALUACIÓN 1



HORIZONTALES

- 2. Es la forma más común de MPs que se han encontrado en la península de Yucatán.
- 4. En este producto que usamos tres veces al día, podemos encontrar MPs.
- 5. Contaminantes derivados de los plásticos, menores a 5 mm.
- 6. La podemos encontrar en casa y fabrica MPs.

VERTICALES

- 1. Es un lugar donde pasamos mucho tiempo y podemos encontrar los MPs.
- 3. Los MPs tienen afinidad con este contaminante.

Para concluir

Es importante conocer este **contaminante emergente** y saber que se puede encontrar en actividades cotidianas. Conociendo esto, es posible buscar alternativas para reducir el uso de plásticos, a la vez que hacemos una adecuada **disposición final** de los que ya utilizamos.



Actividad 2. Los microplásticos de las fiestas (degradación polimérica)



Pregunta de investigación

¿Cómo afectan los procesos de degradación la estructura de un plástico?



Objetivo

Identificar cuáles procesos químicos y físicos generan microplásticos a partir de macroplásticos.



Lista de materiales

- 3 platos de unigel.
- Tijera.
- 6 frascos de vidrio con tapa.
- 200 ml de refresco de cola.
- 200 ml de vinagre blanco.
- 100 ml de agua potable o destilada.
- 100 ml de acetona.
- Parrilla o estufa.
- Termómetro.
- Pinzas.
- 6 jeringas sin aguja de 20 ml.
- 6 botellas de plástico.
- Un pedazo de tela 10 x 10 cm (tul 70 liso blanco).
- Ligas.
- Microscopio o estereoscopio.



Desarrollo

1. Cortar los platos de unigel en tiras de aproximadamente 5 cm de largo.
2. Introducir 8 tiras en cada uno de los 6 frascos de vidrio.
3. Verter sobre las tiras de unigel: 100 ml de refresco en dos frascos, 100 ml de vinagre en dos frascos, 100 ml de agua en un frasco y 100 ml de acetona en un frasco. Después de esto, cerrarlos con sus tapas correspondientes.
4. Calentar directamente a fuego alto (90 °C) sobre una parrilla o estufa, un frasco con refresco, uno con vinagre y uno con agua durante 1 hora.
5. Reducir la temperatura de calentamiento a fuego lento (50 °C) y dejar calentar durante 18 horas o toda la noche.
6. Retirar del fuego las muestras y dejarlas reposar a temperatura ambiente durante media hora.
7. Destapar los frascos y con la ayuda de una pinza, retirar las tiras de unigel.
8. Con ayuda de las jeringas, verter el contenido de las soluciones dentro de las botellas de plástico.
9. Colocar un pedazo de tela en la boca de cada botella y fijarlos con una liga.
10. Verter el contenido de las botellas en los frascos de vidrio correspondientes.
11. Retirar con cuidado las telas de las botellas, ya que ahí se encuentran los MPs.
12. Observar las telas en un microscopio o en un estereoscopio.



Figura 6. Desarrollo experimental de la Actividad 2 (Fotografías: Quijano Mendoza, J. L., 2023).

Notas



- Etiquetar los frascos con el nombre de cada líquido (agua, refresco, vinagre, acetona).
- Al final tendrás 2 frascos con refresco, 2 con vinagre, 1 con acetona y 1 con agua.
- No calentar el frasco que contiene acetona porque puede liberar gases tóxicos.
- Checar la temperatura de calentamiento, dentro del frasco, con un termómetro.
- Repetir los pasos 7 a 11 para todas las soluciones (con excepción de la acetona).
- Puedes usar una lupa o un celular y amplificar la imagen.

Lo que debes saber



El unicel es un tipo de plástico constituido por poliestireno, al que se le introduce aire en su masa formando burbujas. Este proceso es conocido como espumado. La composición de este material es 5% materia prima y 95% aire, por eso es tan ligero. Se identifica por un triángulo equilátero y el número 6 en la parte central, además de las letras PS (Asociación Nacional de la Industria Química, 2020). En la **Figura 7** se esquematiza el proceso de obtención del unicel.

Como todo polímero, el unicel está sujeto a degradación polimérica. La degradación en sí es un cambio irreversible que involucra la reducción de algo a un estado menos complejo. En la ciencia de polímeros se refiere a un proceso complejo mediante el cual un material polimérico expuesto al medioambiente y la carga de trabajo, pierde sus propiedades originales (Vohlídal, 2020).

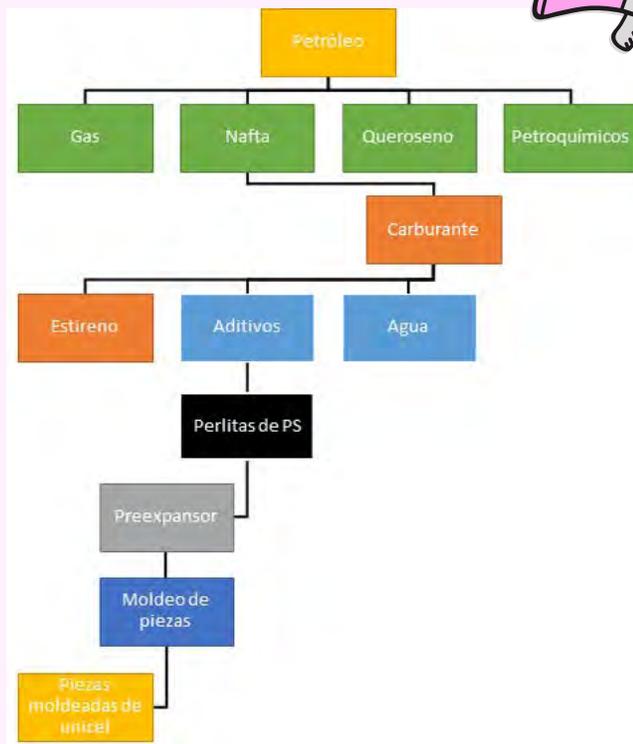


Figura 7. Obtención del unicef (Esquema obtenido y modificado de Asociación Nacional de la Industria Química, 2020).

La degradación de polímeros involucra diversos procesos físicos y/o químicos acompañados de cambios estructurales, los cuales dan como resultado un deterioro significativo en la calidad del material (por ejemplo, una pérdida en las propiedades mecánicas, eléctricas o estéticas). Esto resulta en la pérdida de su funcionalidad (Kumar, et al. 2009).

En la **Tabla 2** se presentan los tipos de degradación polimérica junto con sus causas.

La degradación térmica ocurre debido a que el incremento en la temperatura amplifica las **vibraciones intramoleculares** y acelera cambios conformacionales en la estructura interna del polímero, haciendo que esta se degrade (Vohlidal, 2020).

Tabla 2. Tipos de degradación polimérica (Kumar, et al. 2009).

Tipo de degradación polimérica	Causa/factor ambiental
Fotodegradación	Luz visible y luz UV
Biodegradación	Micro y macroorganismos, enzimas
Degradación térmica	Calor
Degradación oxidativa	Oxígeno, ozono
Degradación ultrasónica	Ultrasonido
Degradación a altas energías	Rayos x, α , β y γ
Degradación química	Ácidos, bases, sales, gases reactivos, solventes, agua
Degradación mecánica	Tensión, fatiga
Envejecimiento eléctrico	Campo eléctrico, descargas eléctricas
Degradación corrosiva	Plasma
Degradación abrasiva	Fuerzas abrasivas, tensión medioambiental, desgaste físico

En la degradación fotoquímica, la radiación altera algunos grupos químicos en la estructura del polímero generando **radicales**. Dependiendo de la estructura polimérica y de las condiciones ambientales, las especies fotogeneradas pueden provocar una **despolimerización** y/o generar varias reacciones subsecuentes que provocan la ruptura, reforzamiento y/o modificación de las moléculas poliméricas (Vohlidal, 2020).

En la degradación mecanoquímica, una macromolécula lineal, como los polímeros, puede romperse mecánicamente en dos fragmentos (Vohlidal, 2020). Cuando alguien rompe una banda elástica, realmente está quebrando muchos enlaces químicos pertenecientes a la red original de la macromolécula.



La degradación oxidativa es un fenómeno que provoca la corrosión de los polímeros expuestos al aire. Puede iniciarse de manera intencional o espontáneamente. En este último caso, se le denomina autooxidación (Vohlídal, 2020). Una degradación oxidativa típica muestra un periodo largo de inducción, en el cual se forman y acumulan en el polímero grupos hidroperoxilo (-OOH), y un periodo corto, en el cual se inicia la descomposición bimolecular, lo que acelera la velocidad de degradación y como resultado el polímero pierde rápidamente sus propiedades originales. Por consiguiente, se puede notar que no ocurren cambios en las propiedades de un polímero durante años y luego se presenta una rápida reducción en su calidad en cuestión de semanas o meses (Vohlídal, 2020).

El conocer los distintos mecanismos de degradación polimérica ha permitido el

desarrollo de estabilizadores, los cuales son sustancias que permiten mejorar el desempeño del material. Por otro lado, estos mecanismos han permitido elaborar sustancias que producen plásticos degradables para preservar el medioambiente (Kumar, et al. 2009). En la **Figura 8** se muestran las etapas del proceso de biodegradación de bolsas domésticas de plástico.

Si quieres saber más sobre el proceso de reciclado del uniceL, consulta este vídeo:

NotimexTV

«El uniceL, una opción amigable con el ambiente»

<https://m.youtube.com/watch?v=TRG0vsOjP68>

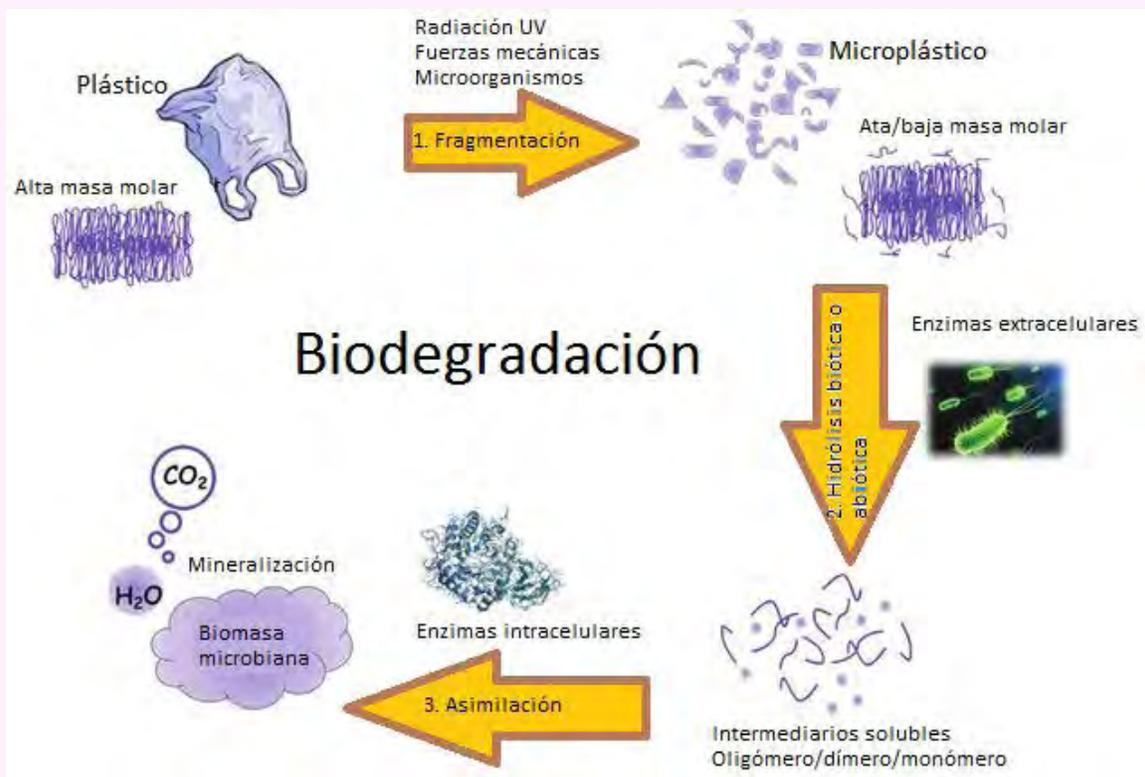


Figura 8. Biodegradación del plástico (Tomado y modificado de Ge-Xia et al., 2021).



Si quieres retar tu conocimiento sobre la degradación de MPs de unicel, resuelve el cuestionario.

ACTIVIDAD DE EVALUACIÓN 2

Degradación polimérica

1. ¿Cómo se llama el proceso mediante el cual se obtiene unicel a partir de poliestireno?
2. ¿En qué consiste la degradación polimérica?
3. ¿A qué tipo de degradación contribuye el calor?
4. Menciona los factores que contribuyen a la degradación química
5. Durante la actividad se presentaron distintos mecanismos de degradación para el unicel, ¿cuál sería un ejemplo de degradación mecánica?
6. Tal y como se vio en la actividad, el uso de la acetona degrada casi al instante el unicel. ¿Qué clase de degradación estaría ocurriendo?

Para concluir

Al final del experimento se generaron MPs secundarios, los cuales son resultado de una inicial degradación mecánica (corte de tiras), seguida de un proceso de degradación química (incubación con acetona) y, en algunos casos, una subsecuente degradación térmica (calentamiento).

Se eligieron 4 líquidos para poner en contacto con el unicel: el agua, una sustancia neutra; el vinagre, una sustancia ácida que contiene ácido acético; el refresco, una sustancia oxidante que contiene dióxido de carbono en estado gaseoso; y la acetona, un disolvente orgánico que se utiliza para la fabricación de plásticos.

Como se observó en la actividad, el unicel resultó ser soluble en disolventes orgánicos como la acetona, y resistente a soluciones neutras, ácidas y oxidantes; de ahí que sea tan difícil degradarse en ambientes naturales, por lo que puede perdurar en los ecosistemas por largos periodos de tiempo, ya que es muy resistente a la degradación química.

Por otro lado, es sensible a la degradación mecánica, como se observó al cortarlo. Incluso, la degradación térmica (cuando calentamos las soluciones), no promueve una degradación significativa en el unicel, debido a su resistencia térmica.

Se debe reflexionar sobre el uso desmedido de productos de unicel de un solo uso. ¿Qué ideas tienes al respecto?



Actividad 3. Las células y los MPs



Pregunta de investigación

¿Las células interactúan con los MPs?



Objetivo

Observar la interacción de MPs con células humanas.



Lista de materiales

- 2 abatelenguas de madera.
- 2 portaobjetos de cristal.
- 2 cubreobjetos de cristal.
- Etanol al 70%.
- Encendedor o mechero.
- Colorante cristal violeta 0.4% o colorante vegetal rojo.
- Agua de la llave.
- MPs (pueden ser los que se obtuvieron en la Actividad 1).
- Papel secante.
- Lupa o microscopio.



Desarrollo

1. Raspar la parte interna de la boca con un abatelenguas y descartarlo, con ello se eliminarán algunos detritos celulares.
2. Repetir el raspado del paso 1 y realizar un raspado con un segundo abatelenguas, con la finalidad de obtener células de la cavidad bucal.
3. Colocar el raspado bucal sobre el extremo del portaobjetos y arrastrar el abatelenguas en un solo movimiento a lo largo del portaobjetos sanitizado con alcohol (frotis) (realizar la preparación por duplicado).
4. Fijar el frotis pasando el portaobjetos sobre la llama de un mechero o un encendedor.
5. Añadir una gota de colorante cristal violeta y dejar incubar por 5 minutos a temperatura ambiente.
6. Retirar el exceso de colorante dejando caer agua de la llave sobre la preparación.
7. Permitir que seque la preparación a temperatura ambiente.
8. Añadir una gota de MPs sobre el frotis y dejar incubar por 5 minutos a temperatura ambiente.
9. Retirar el exceso de líquido con un papel secante.
10. Cubrir la preparación con el cubreobjetos.
11. Observar al microscopio iniciando en un aumento 4X, e incrementando hasta llegar a 60X.

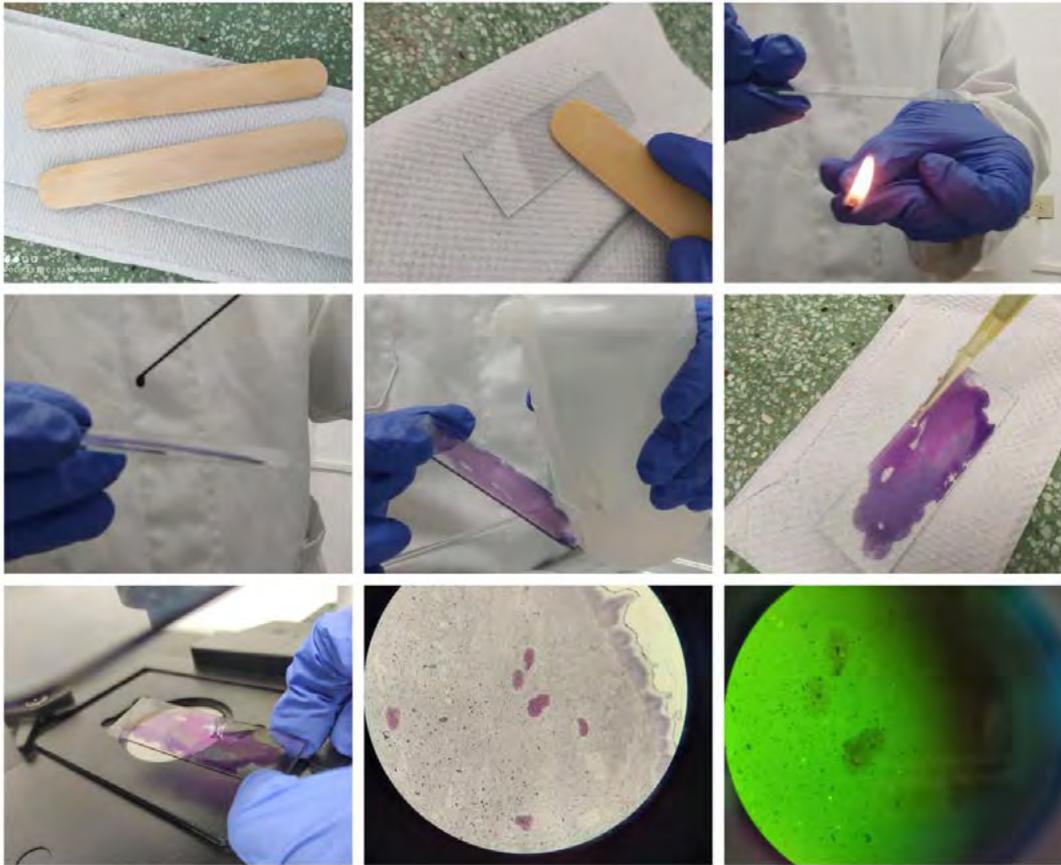


Figura 9. Desarrollo experimental de la Actividad 3 (Fotografías: Espinoza-Castillo, L. E., 2023).

Notas



- Evitar el lavado bucal con pasta dental. Enjuagar la boca con agua bebible.
- Sanitizar el portaobjetos tallando por ambos lados con un papel humedecido con alcohol y dejar secar al aire.
- Pasar rápidamente el portaobjetos a una distancia de 15-20 cm de la fuente de calor.
- Dejar caer agua de la llave por goteo o bien, usando una pipeta. Debe ser agua de la llave, ya que esta contiene metales y contribuye a la fijación del colorante en la preparación.
- Observar bajo una lupa en caso de no contar con microscopio. Si la observación se hace en microscopio, se puede agregar a la preparación una gota de aceite de inmersión y observar a 100x.



Lo que debes saber



Todos los seres vivos están formados por células, algunos por una y otros por billones. Sin embargo, esta afirmación no es tan simple como pudiera parecer, puesto que a lo largo de los años se le ha ido dando un significado distinto. Fue así, que en 1839, Mathias Schleiden y Theodor Schwann presentaron la idea de que todos los seres vivos están conformados por células, dando paso a lo que más tarde se llamaría «teoría celular» (Carrillo et al., 2011).

En 1665, Robert Hooke observó la microestructura del corcho, la cual está constituida por pequeñas celdas en forma de panal, a las cuales denominó células; su observación se muestra en la **Figura 10**.

La alta presencia de MPs en los ecosistemas da como resultado la exposición de los seres vivos ante este microcontaminante, ya sea por medio de la ingestión, inhalación o absorción (Brachner et al. 2020). Una vez en el interior, los MPs son capaces de alterar la alimentación, el crecimiento y el desarrollo embrionario de diversos organismos, mientras que a nivel celular se ha reportado que los MPs son capaces de generar un aumento

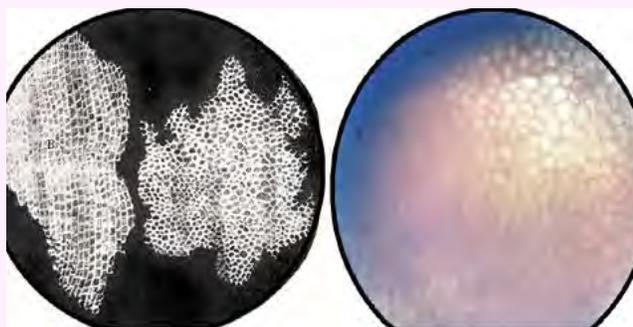


Figura 10. Células de corcho. A la izquierda, la micrografía del corcho que observó Hooke (Fuente: López Sancho & Moreno., 2017). A la derecha, imagen del corcho tomada con un microscopio óptico escolar en aumento 60X (Elaboración: Rodríguez-Fuentes, N., 2023).

en el estrés oxidativo y un daño a nivel del ADN (Lehner et al., 2019; Ferreira et al., 2019).

¿Sabías que así como existen los MPs debido a la degradación gradual de los polímeros, estos pueden llegar a degradarse aún más hasta convertirse en nanoplasticos?

Los nanoplasticos pueden tener tamaños por debajo de una micra, lo cual resulta en algo extremadamente pequeño, pues hablar de un tamaño nanométrico es equivalente a dividir un cabello humano en mil millones de partes.

La **Figura 11** muestra la escala nanométrica en referencia al tamaño de objetos conocidos.

Una herramienta útil para observar partículas pequeñas como los MPs, es el microscopio **confocal**.

Este es un microscopio que emplea una técnica óptica de imagen para incrementar el contraste y/o reconstruir imágenes tridimensionales utilizando una pieza especial llamada **pinhole**; esta pieza elimina la luz desenfocada. Esta técnica ha ido adqui-

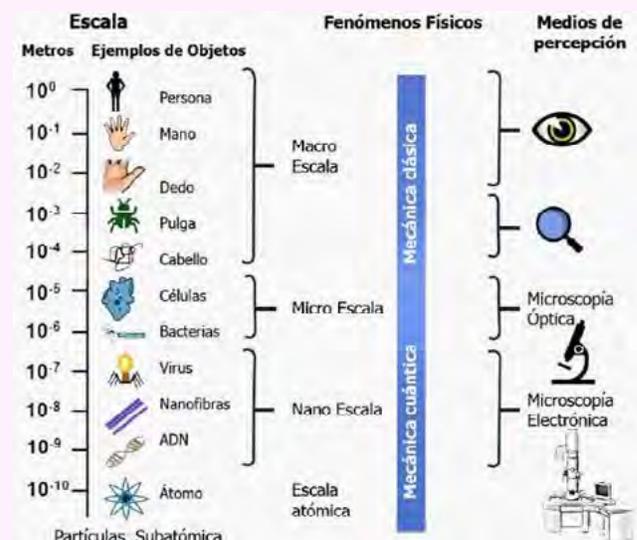


Figura 11. Escala nanométrica (Tomada de Padilla-Vaca, F. et al. 2020).



riendo cada vez mayor popularidad entre las comunidades científica e industrial. Se aplica típicamente en las ciencias biológicas y en la inspección de semiconductores, así como en la observación de MPs. La **Figura 12** muestra un cultivo de células pulmonares alveolares en contacto con MPs fluorescentes.

Si quieres saber más acerca de los nanoplásticos, consulta el siguiente video:

Dr. Carlos JGómez

«Microplástico y nanoplástico-Están en todas partes»

https://m.youtube.com/watch?v=DipvOBINJ8M&ab_channel=Dr.CarlosJG%C3%B3mez

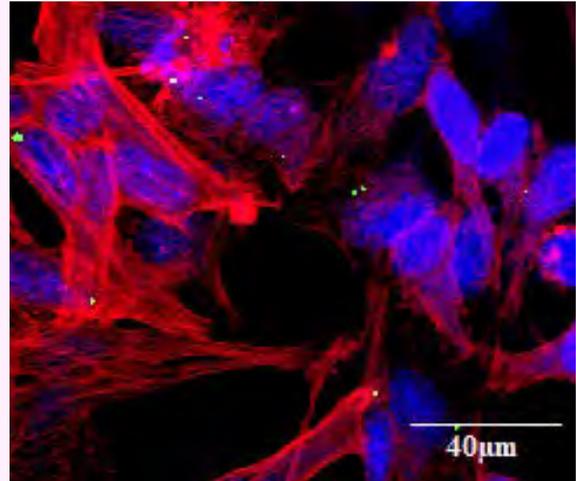


Figura 12. Células pulmonares humanas con MPs de poliestireno de 1 μm (puntos verdes). Núcleo (azul), actina (rojo). (Rodríguez-Fuentes, N., 2023).

Si quieres retar tus conocimientos sobre MPs y su contacto con células, resuelve el siguiente cuestionario.

ACTIVIDAD DE EVALUACIÓN 3



Las células y los MPs

1. ¿Qué medida debe tener un pedazo de plástico para ser considerado como microplástico?
2. Define un nanoplástico.
3. ¿Cuáles son las vías de acceso de los microplásticos al humano?
4. ¿En qué productos de consumo humano conoces que se han encontrado microplásticos?
5. Investiga cuánto mide una célula humana y compara su tamaño con los microplásticos. ¿Cuántos microplásticos le cabrían a una célula?
6. Reflexiona en equipo, ¿qué acciones puedes hacer para disminuir la presencia de microplásticos en tu escuela, en las fiestas y en tu casa?



Para concluir

Como se pudo observar en esta actividad, cuando se agregan MPs a células bucales es posible contrastar el tamaño de estas, que son de las más grandes en los humanos, con el de los MPs. Existen dos tipos de interacciones de los MPs con las células: la interacción intracelular y la extracelular. También se pudo observar su interacción extracelular o superficial.

Solo por su tamaño y por estar «ahí», es posible que las células interactúen con los MPs, como se ha demostrado en diversas investigaciones, las cuales han confirmado que el principal efecto tóxico de estos microcontaminantes se debe a su bioacumulación, es decir, que su mera presencia genera impedimentos espaciales entre las células, lo cual limita la comunicación celular, así como la funcionalidad de los tejidos y órganos donde se bioacumulen.

En contraste, la interacción intracelular con los MPs se ha visto en células vivas que son expuestas a MPs, y los internalizan a través del proceso de **fagocitosis**, de tal manera que se los «comen» y los internalizan, intoxicando a la célula misma y provocando alteraciones que culminan con la muerte de la célula, como se muestra en la **Figura 12**.

Las células están expuestas a los MPs debido a que éstos se han encontrado en productos de consumo humano e ingresan al cuerpo principalmente a través de la ingestión. Aún se desconoce mucho de los efectos que los MPs puedan tener a nivel celular y tisular en el ser humano, pero sus efectos en otros organismos sugieren que debemos tomar acciones para aminorar su presencia y acumulación en los seres humanos y en todos los seres vivos que cohabitamos este planeta.



CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO

Los MPs primarios o secundarios se distribuyen en todos los ecosistemas, se han encontrado en el aire, el suelo y el agua. Como se pudo apreciar en este capítulo, también los generamos a través de acciones cotidianas. Los efectos que puedan tener estos contaminantes en el cuerpo humano aún se están

investigando, pero en otros organismos se ha visto que pueden provocar daños a la salud. Por eso es importante conocerlos y entender que todas y todos somos agentes de cambio y podemos desarrollar nuestras actividades de manera sustentable, aminorando la generación de MPs en el planeta.



SOBRE LAS AUTORAS Y AUTORES

La **M. C. Tania Paulina Gil Cortés** es estudiante de doctorado en el CICY. Es graduada de Ingeniería Biomédica realizando una investigación sobre la biocompatibilidad de materiales para regeneración ósea utilizando cultivo celular. Realizó su maestría en el Cinvestav Mérida en Biología Marina, especializándose en el estudio de la contaminación por microplásticos en el mar Caribe. Actualmente está interesada en el estudio del efecto que tienen los microplásticos en el cuerpo humano y en buscar alternativas para vivir una vida con menos plásticos.

El **Ing. José Luis Quijano Mendoza** actualmente es estudiante de la maestría en Materiales Poliméricos del CICY. Durante la licenciatura enfocó su tesis a la elaboración de materiales dérmicos a partir de gelatina porcina. Actualmente desarrolla estudios con colágena marina y otros polímeros naturales para la obtención de materiales con potencial aplicación en la ingeniería de tejidos. Desde joven se ha interesado en la ciencia, por lo que participó en distintas olimpiadas del conocimiento. «De niño me preguntaba el porqué de las cosas, cómo funcionan y de qué están hechas».

El **Ing. Luis Édgar Espinoza Castillo** es estudiante de la carrera de Nanotecnología en la Universidad Tecnológica de Tulancingo, Hidalgo. Actualmente está realizando una estadía académica en el Laboratorio de Biomateriales de la Unidad de Materiales del CICY, desarrollando un proyecto sobre la elaboración de nanopartículas de colágena marina como posibles liberadoras de fármacos. «De niño siempre quise hacer grandes cosas para ayudar a otros, ahora sé que lo pequeño puede ayudar demasiado».

La **Dra. Ángela F. Ku González** es química industrial por la UADY, M. C. (Energías Reno-

vables) por el CICY y doctora en Ciencias de la Educación por la Universidad Santander. Su formación en el área de la microscopía e histología fue en el Laboratorio Nacional de Microscopía Avanzada (LNMA), en el Centro Militar de Ciencias de la Salud, en el Cinvestav en México y en el ENEA en Roma, Italia. También ha usado el microscopio electrónico de transmisión (TEM) en el Instituto Politécnico Nacional (México). Actualmente es presidenta de la Sociedad Mexicana de Histología.

El **Dr. José Manuel Cervantes Uc** es Profesor-Investigador Titular C en la Unidad de Materiales del CICY. Es químico industrial por la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY) y doctor en Ciencias (Química) por la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa (UAM-I). Actualmente desarrolla proyectos relacionados con la utilización de biopolímeros en el desarrollo de biomateriales para aplicaciones en la regeneración tisular y la liberación de fármacos, entre otras. «De niño me gustaba hacer piñatas, sin tener idea que durante su elaboración empleaba varios biopolímeros».

La **Dra. Nayeli Rodríguez Fuentes** es Investigadora por México (Conahcyt) adscrita al CICY. Desde joven, su trabajo en la industria farmacéutica y en laboratorios de investigación le permitieron adquirir habilidades para la utilización de biopolímeros para el cuidado de la salud humana. Es química farmacéutica bióloga por la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco (UAM-X) con maestría, doctorado y posdoctorado (UNAM) en temas relacionados con la medicina regenerativa. Los biopolímeros con aplicaciones médicas son su tema favorito, en el cual realiza investigación y desarrollo para generar sustitutos dérmicos y óseos.



GLOSARIO

Célula: es la unidad primordial, funcional y estructural de los sistemas vivos. Es considerada una unidad dinámica, ya que tiene la capacidad de crecer, reproducirse, especializarse, responder a estímulos y adaptarse a distintos cambios ambientales.

Confocal: imagen que está en un solo plano focal.

Contaminante emergente: sustancia química o material que se detecta en el medio ambiente y aunque su presencia puede no ser reciente, la preocupación por un posible riesgo para el medio ambiente y salud humana sí lo es.

Contaminación cruzada: introducción accidental de materiales o sustancias extrañas en una muestra, lo que puede dar lugar a resultados falsos del experimento.

Despolimerización: forma de degradación de los polímeros, durante la cual ocurre la descomposición de la cadena estructural hasta sus bloques constituyentes. Se logra generalmente mediante procesos térmicos o químicos.

Disposición final: es la última etapa en el manejo de residuos sólidos urbanos y comprende al conjunto de operaciones destinadas a lograr el depósito permanente de estos.

Fagocitosis: del griego *phagein*, «comer» y *kytos*, «célula»; es el proceso por el cual una célula engulle una partícula grande ($\geq 0,5 \mu\text{m}$).

Microplástico: aquella partícula sólida, sintética o matriz polimérica con tamaños comprendidos entre $1 \mu\text{m}$ y 5mm .

Pinhole: diafragma localizado delante del fotomultiplicador que evita el paso de luz fluorescente fuera del plano.

Plásticos: materiales sintéticos obtenidos mediante reacciones de polimerización a partir de derivados del petróleo. Tienen la característica de que se pueden moldear fácilmente con calor y presión.

Polímero: molécula de gran tamaño (macromolécula) compuesta por la unión de moléculas más pequeñas denominadas «monómeros».

Radical: molécula o parte de una molécula en donde uno o varios átomos tienen electrones de valencia dispares.

Vibración intramolecular: vibración que afecta a varios átomos al interior de una molécula.



REFERENCIAS

- Asociación Nacional de la Industria Química, A.C. (2020). *Unicel ¿Qué es?* Consultado en <https://unicel-anig.mx/index.html>
- Barnes, D. K., Galgani, F., Thompson, R. C., & Barlaz, M. (2009). Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Phil. Trans. R. Soc.*, 364(1526), 1985–1998. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0205>
- Bouwmeester, H., Hollman, P. C. H., & Peters, R. J. B. (2015). Potential Health Impact of Environmentally Released Micro and Nanoplastics in the Human Food Production Chain: Experiences from Nanotoxicology. *Environmental Science & Technology*, 49(15), 8932–8947. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b01090>
- Brachner, A., Fragouli, D., Duarte, I., Farias, P., Dembski, S., Ghosh, M., Barisic, I., Zdziebło, D., Vanoirbee, J., Schwabl, P., & Neuhaus, W. (2020) Assessment of Human Health Risks Posed by Nano-and Microplastics Is Currently Not Feasible. *Environmental research and public health*, 17(23), 8832. <https://doi.org/10.3390/ijerph17238832>
- Brouwer, H., Van Oijen, F. L. N., & Bouwmeester, H. (2022). Potential human health effects following exposure to nano- and microplastics, lessons learned from nanomaterials. *Present Knowledge in Food Safety: A Risk-Based Approach through the Food Chain* (pp. 590–605). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819470-6.00014-7>
- [Browne, M. A.](#), [Phillip Crump, S. J.](#), [Niven, E. T.](#), [Andrew, T.](#), [Galloway, T.](#), & [Thompson, R.](#) (2011). Accumulation of Microplastic on Shorelines Worldwide: Sources and Sinks. *Environmental Science and Technology*, 45, 9175–9179. <https://doi.org/10.1021/es201811s>
- Carrillo, L., Morales, C., Pezoa, V., & Camacho, J. (2011). La historia de la ciencia en la enseñanza de la célula. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 29, 112–127. <https://doi.org/10.17227/ted.num29-1091>
- Convey, P., Barnes, D., & Morton, A. (2002). Debris accumulation on oceanic island shores of the Scotia Arc, Antarctica. *Polar Biology*, 25, 612–617. <https://doi.org/10.1007/s00300-002-0391-x>
- Ferreira, I., Venâncio, C., Lopes, I., & Oliveira, M. (2019). Nanoplastics and marine organisms: What has been studied? *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 67, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2019.01.006>
- Frias, J. P. G., & Nash, R. (2019). Microplastics: Finding a consensus on the definition. *Marine Pollution Bulletin*, 138, 145–147. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.11.022>
- Free, C. M., Jensen, O., Mason, S., Eriksen, M., Williamson, N., & Boldgiv, B. (2014). High-levels of microplastic pollution in a large, remote, mountain lake. *Marine Pollution Bulletin*, 85(1), 156–163. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.06.001>
- Ge-Xia, W., Huang, D., Junhui, J., Völker, C., & Wurm, F. (2021). Seawater-Degradable Polymers-Fighting the Marine Plastic Pollution. *Advanced Science*, 8(1). <https://doi.org/10.1002/advs.202001121>
- Hanvey, J. S., Phoebe, J. L., Lavers, J. L., Crosbie, N. D., Pozo, K., & Clarke, B. O. (2017). A review of analytical techniques for quantifying microplastics in sediments. *Analytical Methods*, 9, 1369–1383. <https://doi.org/10.1039/C6AY02707E>
- Helm, P.A. (2017). Improving microplastics source apportionment: a role for microplastic morphology and taxonomy? *Analytical Methods*, 9, 1328–1331. <https://doi.org/10.1039/C7AY90016C>

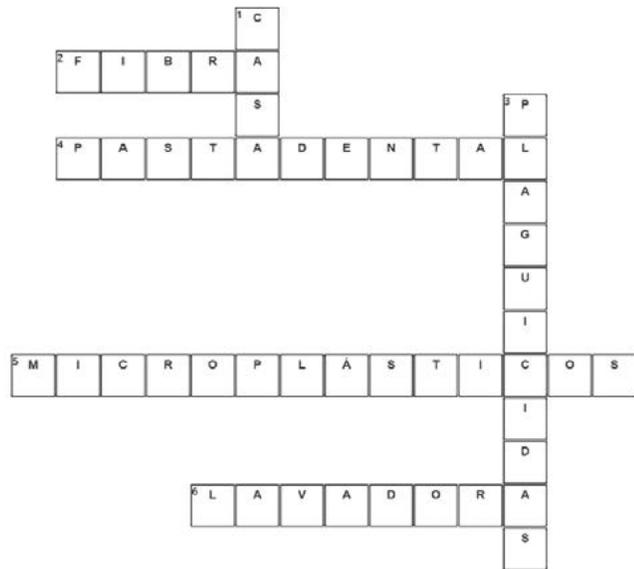


- Hirt, N., & Body-Malapel, M. (2020). Immunotoxicity and intestinal effects of nano- and microplastics: a review of the literature. *Particle and Fibre Toxicology*, 17(1), 57. <https://doi.org/10.1186/s12989-020-00387-7>
- Kumar, A. P., Depan, D., Singh, T. N., & Singh, R.P. (2009). Nanoscale particles for polymer degradation and stabilization—trends and future perspectives. *Progress in Polymer Science*, 34(6), 479–515. <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2009.01.002>
- Lares, M., Mohamed, C. N., Sillanpää, M., & Sillanpää, M. (2018). Occurrence, identification and removal of microplastic particles and fibers in conventional activated sludge process and advanced MBR technology. *Water Research*, 133, 236-246. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.01.049>
- Lebreton, L., Slat, B., Ferrari, F., Sainte-Rose, B., Aitken, J., Marthouse, R., Hajbane, S., Cunsolo, S., Schwarz, A., Levivier, A., Noble, K., Debeljak, P., Maral, H., Schoeneich-Argent, R., Brambini, R., & Reisser, J. (2018). Evidence that the Great Pacific Garbage Patch is rapidly accumulating plastic. *Scientific Reports*, 8(1), 4666. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-22939-w>
- Lehner, R., Weder, C., Petri-Fink, A., & Rothen-Rutishauser, B. (2019). Emergence of Nanoplastic in the Environment and Possible Impact on Human Health. *Environmental Science & Technology*, 53(4), 1748–1765. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b05512>
- López Sancho, J. M., & Moreno Gómez, E. (2007). *Genética y las leyes de Mendel*. Sala de Biología. Museo Virtual de la Ciencia del CSIC. <https://museovirtual.csic.es/salas/mendel/m5.htm>
- Mendoza-Olea, I. J., Leal-Bautista, R. M., Cejudo, E., Cervantes-Uc, J.M., Rodríguez-Fuentes, N., & Acosta-González, G. (2022). Contaminación por microplásticos en el acuífero kárstico de la península de Yucatán. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 9(3). <https://doi.org/10.19136/era.a9n3.3360>
- Napper, I. E., & Thompson, R. C. (2016). Release of synthetic microplastic plastic fibres from domestic washing machines: Effects of fabric type and washing conditions. *Marine Pollution Bulletin*, 112(1–2), 39–45. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.09.025>
- Padilla-Vaca, F., Mendoza-Macías, C. L., Franco, B., Anaya-Velázquez, F., Ponce-Noyola, P., & Flores-Martínez, A. (2020). El mundo micro en el mundo nano: importancia y desarrollo de nanomateriales para el combate de las enfermedades causadas por bacterias, protozoarios y hongos. *Mundo nano*, 11(21), 15-28. <https://doi.org/10.22201/cei-ich.24485691e.2018.21.62591>
- Porte Visa, C. (2022). Impacto de micro- y nano-plásticos en salud ambiental: ¿una amenaza? *Revista de salud ambiental*, 22, 74–143. <https://ojs.diffundit.com/index.php/rsa/article/view/1200>
- Talvitie, J., Mikola, A., Koistinen, A., & Setälä, O. (2017). Solutions to microplastic pollution e Removal of microplastics from wastewater effluent with advanced wastewater treatment technologies. *Water Research*, 123, 401-407. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.07.005>
- Vohlídal, J. (2020). Polymer degradation: A short review. *Chemistry Teacher International*, 3(2), 213–220. <https://doi.org/10.1515/cti-2020-0015>
- Wang, J., Zheng, L., & Li, J. (2018). A critical review on the sources and instruments of marine microplastics and prospects on the relevant management. *China. Waste Manag Res.*, 36(10), 898-911. <https://doi.org/10.1177/0734242X18793504>



RESPUESTAS A LAS ACTIVIDADES DE EVALUACIÓN

ACTIVIDAD DE EVALUACIÓN 1 Microplásticos en casa



ACTIVIDAD DE EVALUACIÓN 2 Degradación polimérica

1. ¿Cómo se llama el proceso mediante el cual se obtiene unicel a partir de poliestireno? **R= El proceso por el cual se forma el unicel se llama espumado y consiste en introducir aire en la masa del poliestireno.**
2. ¿En qué consiste la degradación polimérica? **R= Consiste en una serie de procesos físicos y/o químicos que promueven cambios estructurales, los cuales dan como resultado un deterioro significativo en la calidad del material y, por lo tanto, en la pérdida de su funcionalidad.**
3. ¿A qué tipo de degradación contribuye el calor? **R= A la degradación térmica, ya que el calor es un método físico que amplifica las vibraciones intramoleculares y acelera cambios conformacionales en la estructura interna del polímero, haciendo que esta se degrade.**
4. Menciona los factores que contribuyen a la degradación química. **R= Las causas o factores que contribuyen a una degradación del tipo química son: ácidos, bases, sales, gases reactivos, solventes y agua.**
5. Durante la actividad se presentaron distintos mecanismos de degradación para el unicel. ¿Cuál sería un ejemplo de degradación mecánica? **R= La fragmentación del unicel con las tijeras para obtener pedazos más pequeños, ese sería un ejemplo de fragmentación mecánica.**
6. Tal y como se vio en la actividad, el uso de la acetona degrada casi al instante el unicel. ¿Qué clase de degradación estaría ocurriendo? **R= La acetona promueve una degradación química del unicel, ya que este solvente lo disuelve por completo.**



ACTIVIDAD DE EVALUACIÓN 3 Las células y los MPs

1. ¿Qué medida debe tener un pedazo de plástico para ser considerado como microplástico?
R= Un microplástico es aquella partícula sólida cuyo tamaño se encuentra entre 1 μm y 5 mm.
2. Define un nanoplástico. **R= Un nanoplástico es aquella partícula sólida que tienen tamaños menores a una micra.**
3. ¿Cuáles son las vías de acceso de los microplásticos al humano? **R= Las vías de acceso de los MPs a los humanos son por contacto dérmico, por inhalación y por ingestión.**
4. ¿En qué productos de consumo humano conoces que se han encontrado microplástico? **R= Productos de cuidado personal, sistemas de liberación de fármacos, cosméticos, entre otros.**
5. Investiga cuánto mide una célula humana y compara su tamaño con los microplásticos. ¿Cuántos microplásticos le cabrían a una célula?
R= Las células bucales son de las más grandes que tenemos en el cuerpo humano y pueden llegar a medir 20 micras, mientras los eritrocitos pueden medir 7 micras. La célula más grande del humano es el óvulo, puede medir 0.14 milímetros (140 micras); en contraste, la célula más pequeña del cuerpo humano es el espermatozoide, ya que mide 5 micras (sin considerar la cola). Al óvulo le cabrían, 28 MPs de 5 micras.
6. Reflexiona en equipo, ¿qué acciones puedes hacer para disminuir la presencia de microplásticos en tu escuela, en las fiestas y en tu casa?
R= Para disminuir la presencia de MPs en mi escuela puedo sugerir realizar trabajos con materiales biodegradables, por ejemplo, puedo usar papel reciclado de otros trabajos y hacer maquetas con palitos, hojas secas, granos de maíz, frijol, etc. No usar diamantina o brillantina, ya que es una fuente de MPs primarios. En las fiestas se puede usar confeti biodegradable, hecho a base de hojas secas de árbol; en vez de utilizar unicel, se pueden utilizar utensilios biodegradables, o bien, platos que se laven y se puedan volver a usar. En mi casa, puedo usar productos de higiene personal secos, que no usan envases, como los shampoos, pastas dentales y desodorantes que son orgánicos. Disminuir el uso de cosméticos y geles con brillantinas.



5S

Mi primera libreta artesanal: reciclando envases multilaminados

Dr. Gonzalo Canché Escamilla

M. E. R. Santiago Duarte Aranda

Dr. Iván Forero Sandoval

Unidad de Materiales
(Laboratorio de Química Macromolecular)

Descripción

En este proyecto se analizará la problemática actual del manejo de **residuos** y se mostrarán alternativas para su aprovechamiento. En particular, se estudiará el caso de los **envases multilaminados** (ejemplos Tetra Brik® y Tetrapack®). Se realizarán actividades encaminadas a elaborar una libreta artesanal con la celulosa obtenida de dichos envases.

Objetivo general

Mostrar la problemática actual del manejo de envases para alimentos y bebidas, y abordar alternativas para su aprovechamiento. En particular, se estudiará el caso del Tetra Brik®.



Materias afines

- Conservación del medio ambiente.
- Hacia un desarrollo sustentable.

¿Qué vas a aprender?

- Tipos de materiales y sus características.
- Reciclaje y reutilización de materiales.
- Manejo integral de residuos.
- Usos de las fibras de celulosa.



Pregunta inicial

¿Es posible reducir la contaminación por medio del manejo integral de residuos?



PANORAMA GENERAL DEL TEMA

El desarrollo de nuevos materiales surge para satisfacer nuestras necesidades, pero también nos plantea preocupaciones en relación con el medio ambiente. Las consecuencias de desechar los residuos de manera incorrecta pueden tener impactos negativos tanto en la salud humana como en los ecosistemas naturales (Semarnat, 2012). A continuación, mencionaremos algunas de estas consecuencias:

1. **Contaminación y emisión de gases perjudiciales.** Cuando los desechos orgánicos se descomponen, generan gases de olor desagradable y tóxicos. Estos gases contribuyen al cambio climático y al deterioro de la calidad del aire.



Figura 1. Deterioro de la calidad del aire (Imagen tomada de Ciencia UNAM-DGDC, 2021).

2. **Daño a la capa de ozono.** Algunos productos utilizados en aerosoles (pinturas, desodorantes, plaguicidas) o como refrigerantes (en refrigeradores y aires acondicionados), contienen sustancias que dañan la capa de ozono. Si estos productos no se desechan adecuadamente, liberan estas sustancias al medio ambiente provocando el adelgazamiento de la capa de ozono y aumentando la exposición a la radiación ultravioleta.



Figura 2. Representación del papel de la capa de ozono (Imagen tomada de Flores y plantas, 2021).

3. **Contaminación del suelo y el agua.** Los residuos en descomposición pueden generar líquidos llamados lixiviados, que contienen sustancias dañinas que se fil-



tran en el suelo y se escurren hacia cuerpos de agua cercanos. Estos lixiviados contaminan el suelo y el agua, poniendo en peligro la salud de las personas, los animales y los ecosistemas acuáticos.



Figura 3. Contaminación del agua (Imagen tomada de La Jornada, 2023).

4. Propagación de enfermedades. Los desechos orgánicos atraen a diversos insectos, aves y mamíferos que pueden transmitir enfermedades peligrosas para los seres humanos. La falta de una gestión adecuada de los residuos puede dar lugar a la propagación de enfermedades como la peste bubónica, el tifus, la salmonelosis, el cólera, la leishmaniasis, la amebiasis, la disentería, la toxoplasmosis, el dengue y la fiebre amarilla.



Figura 4. Vertedero de desechos a cielo abierto (Imagen tomada del archivo personal de Canché Escamilla y Duarte Aranda, 2023).

Es crucial reconocer que el reciclaje desempeña un papel fundamental para reducir nuestro impacto negativo en el medio ambiente y promover la sustentabilidad. Sin embargo, el reciclaje es solo una parte de un enfoque más amplio hacia una vida más respetuosa con el medio ambiente. Al seguir la regla de las tres R's (**Reducir, Reutilizar y Reciclar**), podemos tener un mayor impacto en la preservación del planeta (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2020).

La primera «R» de la regla es la reducción. Consiste en disminuir la cantidad de residuos que generamos. Esto implica tomar decisiones conscientes al momento de comprar; optar por productos duraderos y de calidad que tengan un menor impacto ambiental, ayuda a reducir la cantidad de residuos que generamos. Asimismo, es importante evitar el consumo excesivo y el desperdicio, comprando únicamente lo necesario y aprovechando al máximo los recursos que tenemos.

La segunda «R» es la reutilización. Antes de desechar algo, debemos evaluar si podemos darle una segunda vida. Muchos objetos y materiales pueden ser reutilizados de diversas formas. Por ejemplo, podemos reparar objetos dañados en lugar de reemplazarlos, donar artículos en buen estado en vez de desecharlos o utilizar envases reutilizables en lugar de productos desechables. La reutilización no solo reduce la cantidad de residuos que generamos, sino que también ahorra recursos y energía al evitar la producción de nuevos objetos.

Por último, llegamos a la tercera «R»: el reciclaje. Cuando no se puede reducir o reutilizar un producto, el siguiente paso es reciclarlo. El reciclaje implica procesar los materiales desechados para convertirlos en nuevos productos. Al reciclar, se ahorran recursos naturales, se reduce la contaminación y se disminuye la cantidad de residuos



enviados a los vertederos. Además, es esencial apoyar y participar en los programas de reciclaje locales, asegurándonos de depositar los materiales reciclables en los contenedores correspondientes.

La reducción y reutilización nos ayudan a evitar la generación innecesaria de residuos, mientras que el reciclaje nos permite aprovechar los materiales existentes y darles una nueva vida.



PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

En este proyecto se presenta una metodología para la reutilización del cartón presente en los envases multilaminados, con el fin de despertar el interés en el desarrollo de productos a partir de material de reciclaje, así como fomentar el **manejo integral de residuos**.

Para lograr lo anterior, se ha preparado este proyecto que, mediante una serie de actividades muy sencillas, llevarán a obtener al final una libreta artesanal.



DESARROLLO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



Actividad 1. En la búsqueda de información



Pregunta de investigación

¿Cuál es la disposición actual de los envases multilaminados y qué problemas relacionados con la contaminación se pueden acarrear con su mal manejo?



Lista de materiales

- Bitácora.
- Lápiz o pluma.



Desarrollo

Para tener conocimientos básicos acerca de nuestro tema de investigación, hay que ver los siguientes videos relacionados con el proceso de fabricación de los envases Tetra Brik® y sobre la problemática de residuos en los siguientes sitios web:



Objetivo

El objetivo de esta actividad es investigar la clasificación de residuos, centrándonos en su manejo adecuado y examinando las implicaciones negativas de una disposición inadecuada de los mismos, tanto para el medio ambiente como para la salud pública.



Bert-Oh

«Así se hacen los envases. Un día en la fábrica Tetra Pak»

Enlace: <https://www.youtube.com/watch?v=tOBv5PG7zXI>

Es un video que muestra el proceso de creación de los envases. Específicamente, los materiales usados y los procesos industriales relacionados.

Eco Tv

«Cuánto demora la basura en descomponerse»

Enlace: <https://www.youtube.com/watch?v=LD0-r-fXGLY>

Es un video que muestra una estimación de los tiempos de descomposición de algunos materiales que forman parte de nuestra vida diaria y nos ayuda a tomar conciencia de nuestro impacto en el medio ambiente.

Con base en lo leído y a los nuevos conocimientos adquiridos, responder lo siguiente:



1. ¿Cuáles son los principales componentes de un envase Tetra Brik®?

2. ¿Cuánto tarda el cartón en descomponerse? ¿De qué está hecho el cartón?

3. ¿Cuánto tardan las latas de aluminio en descomponerse?

4. ¿Cuánto tardan los envases de Tetra Brik® en descomponerse?

5. ¿Cuánto tardan los envases de vidrio en descomponerse?



Lo que debes saber

No es lo mismo basura y residuo. Cuando nos referimos a desechos que no pueden ser utilizados de nuevo, estamos hablando de basura. Mientras que, si podemos identificar y separar los desechos en sus componentes y estos pueden ser reutilizados o reciclados, nos referimos a residuos. Los residuos se pueden clasificar en tres tipos:

- Por el material del que fueron elaborados (plásticos, papel y cartón, vidrio, metales, etc.).



Figura 5. Residuos plásticos (Imagen tomada de Animal Político, 2023).

- Por su capacidad para biodegradarse (orgánicos e inorgánicos).



Figura 6. Residuos de la industria aceitera, fuente potencial de celulosa (Imagen de archivo: GCE, SDA e IFS, 2023).



- Por su origen (domiciliarios, industriales, hospitalarios, de construcción).



Figura 7. Residuos hospitalarios (Imagen tomada de Milenio, 2023).

La separación de residuos es importante dado que permite que estos no se conviertan en basura. Una tarea tan sencilla como separar o evitar el mezclado del papel, el plástico y vidrio con desechos de comida permiten que su recolección y aprovechamiento sea un proceso más sencillo (Nuestraesfera, 2014).

Una consecuencia directa del manejo integral de residuos es la reducción de la cantidad de basura que se deposita en los rellenos sanitarios y tiraderos. Se producen en México alrededor de 22 millones de toneladas de papel por año y cerca del 80% es reciclado, siendo necesario su separación y clasificación para este proceso (Muy Interesante, 2018).

Para concluir

Se ha aprendido en esta actividad cómo se fabrican los envases multilaminados, los componentes que los conforman, así como de los tiempos de descomposición de algunos materiales y la importancia de la separación en el aprovechamiento de los residuos.



Actividad 2. A construir los moldes para la obtención de papel



Pregunta de investigación

¿Qué característica debe tener una malla para que pueda ser usada como soporte para la elaboración de láminas de papel?



Objetivo

Crear moldes que permitan la fabricación de hojas de papel utilizando fibras de celulosa como material base.



Lista de materiales

- Tablas de madera:
- 4 de 15 x 2 x 2 cm.
- 4 de 19 x 2 x 2 cm.
- 16 tornillos para madera.
- Malla mosquitera plástica (se recomienda un tamaño de 25 x 20 cm).
- Engrapadora y grapas.
- Tijeras.



Desarrollo

El molde consiste en dos marcos de madera idénticos, cuyas dimensiones internas serán las del tamaño del papel. A uno de los dos marcos se le fijará la malla mosquitera, de tal manera que quede completamente estirada.

1. Toma las tablas y ubícalas como se presenta en la **Figura 8**. Con ayuda de los tornillos, fíjalas de tal manera que el marco quede rígido. En cada esquina puedes poner dos tornillos para mejorar la estabilidad. Repite para crear el segundo marco (contramarco).

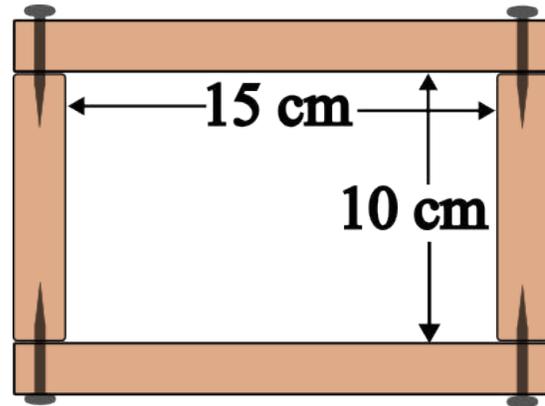


Figura 8. Marco (Elaborado por GCE, SDA e IFS, 2023).

2. Sobre el contramarco ubica la malla mosquitera, como se presenta en la **Figura 9**. Con ayuda de la engrapadora fíjala, procurando que quede completamente estirada.



Figura 9. Contramarco (Elaborado por GCE, SDA e IFS, 2023).

3. Recorta los sobrantes de la malla mosquitera con ayuda de las tijeras.



Lo que debes saber

El papel es un aglomerado de fibras secas de celulosa, por lo que su reciclado involucra su humectación para obtener una dispersión de las fibras. El vertido de esta dispersión sobre una malla permite la remoción de la mayor cantidad de agua; la remoción total de agua mediante etapas de compresión y secado permite la obtención de una hoja continua para la producción de papel o cartón.

Los árboles son la principal fuente para la obtención de fibras de celulosa y, por lo tanto, para la obtención de papel. Sin embargo, la celulosa es el principal componente de las plantas, por lo que se puede obtener de otras fuentes como los residuos sólidos agroforestales, es decir, de los residuos generados en la industria forestal, agrícola y agroindustrial.

Para concluir

En esta actividad se han elaborado los moldes para la fabricación de papel. Las dimensiones del molde nos darán el tamaño de la hoja, mientras que el espesor estará en función de la cantidad de fibra y la presión usada en la obtención de las hojas continuas.



Actividad 3. Recuperación de los componentes



Pregunta de investigación

¿Cuál es la composición principal de los empaques multilaminados?

- Agua.
- Tijeras.
- Palanganas (recipientes plásticos grandes) para depositar el material.



Objetivo

Realizar la preparación y separación de los componentes de los envases multilaminados con el fin de facilitar su posterior procesamiento.



Desarrollo

Los componentes de los envases Tetra Brik tienen capas de 3 materiales: un 75% de cartón que le da resistencia, un 20% de polietileno que lo hace impermeable y un 5% de aluminio como barrera contra la luz y oxígeno (Chan Koyoc, 2016).



Lista de materiales

- 10 envases Tetra Brik®. En caso de no tener los suficientes, se puede emplear papel o cartón.

1. Toma los envases, destápalos y escurre el líquido sobrante del producto. Haz un corte en una las esquinas superiores y enjuágalos con agua, como se presenta en la **Figura 10**.



Figura 10. Corte en envase (Imagen tomada por: GCE, SDA e IFS, 2023).

2. Corta los extremos superior e inferior de cada envase, ábrelos de tal forma que queden como una hoja o lámina, como se presenta en la **Figura 11**. Enjuaga cada lámina con agua, escúrrelas y sécalas al aire libre.



Figura 11. Lámina de envase (Imagen tomada por: GCE, SDA e IFS, 2023).

3. Separa e identifica las capas de una lámina de un envase multilaminado.
4. Responde mentalmente o en tu libreta:
 - a. ¿Pudiste identificar los componentes de los empaques Tetra Brik®?

- b. ¿Cuál crees que es el material más difícil de reutilizar en seco?

5. Troza las láminas con las tijeras, como se presenta en la **Figura 12** y déjalas en remojo en agua corriente por un día.



Figura 12. Trozos de láminas (Imagen tomada por: GCE, SDA e IFS, 2023).

6. De forma manual separa los componentes de las láminas húmedas y reserva el material fibroso (celulosa) para la siguiente actividad, como se presenta en la **Figura 13**.



Figura 13. Componentes recuperados de lámina de envases (Imagen tomada por: GCE, SDA e IFS, 2023).



Lo que debes saber

Debido a sus características, los envases multilaminados preservan los alimentos sin necesidad de usar conservantes ni refrigeración, lo que propicia un ahorro de energía. Sin embargo, para que el proceso de reciclado sea sustentable, es necesario separar todos sus componentes, lo cual es una tarea ardua y complicada en seco para darles un uso a los mismos y no se conviertan en basura.

Recordar que estos envases están formados de capas de cartón, aluminio y polietileno con un 75%, 5% y 20% en peso, respectivamente. Debido a la afinidad del cartón con el agua, este se hincha al contacto con ella, lo que facilita la separación de los componentes de los envases multilaminados.

Para concluir

Hemos aprendido en esta actividad sobre los componentes de los envases multilaminados y una forma manual de separarlos fácilmente. Adicionalmente, hemos empezado a recuperar el residuo que servirá para construir nuestras hojas de papel.



Actividad 4. A licuar, tintar y elaborar láminas de papel



Pregunta de investigación

¿Es posible reutilizar algunos residuos de envases multilaminados para elaborar hojas o láminas de papel?

- Pala o utensilio de agitación manual.
- Palangana (recipiente plástico grande).
- Moldes (construidos en la Actividad 2).
- Telas absorbentes.
- Rodillo de cocina o un objeto cilíndrico de mínimo 5 cm de diámetro.



Objetivo

Fabricar láminas de papel mediante un proceso de elaboración fácil y repetible.



Desarrollo

Debido a que se requiere usar una licuadora doméstica, por favor solicita la supervisión de una persona adulta para evitar accidentes.



Lista de materiales

- Licuadora doméstica.
- Cartón remojado de la Actividad 3.
- Recipiente de aprox. 2 litros.
- Agua.
- Pigmentos (opcional).

1. Con ayuda de un agitador doméstico (licuadora o batidora) dispersa el cartón obtenido en la actividad anterior, por alrededor de 30 segundos hasta obtener una pasta homogénea (si se requiere, agrega un poco de agua, como se presenta en la **Figura 14**. Vierte 3 cucharas-



das soperas colmadas de la pasta molida en el recipiente de 2 litros con agua suficiente para que se dispersen las fibras, en aproximadamente 1.5 litros de agua (en este momento se agrega el colorante). Se recomienda homogeneizar las fibras con la pala o utensilio para ello.



Figura 14. Dispersión de fibras de celulosa en agua (Imagen tomada por: GCE y SDA, 2023).

2. Llena con agua la palangana, de tal manera que cubra los dos marcos, tal como se ve en la **Figura 15**. En este caso, el marco inferior es el que tiene la malla (contramarco).

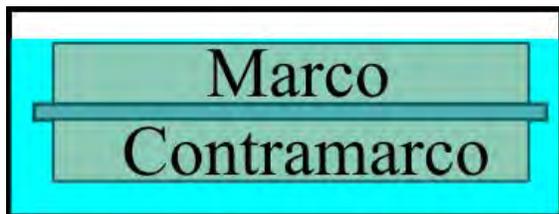


Figura 15. Suspensión de fibras en tina de agua (Elaborado por GCE, SDA e IFS, 2023).

3. Viertes las fibras en el interior del marco superior, tal como se ve en la **Figura 16**. Eleva lentamente el marco y contramarco procurando la formación de una capa homogénea de fibras sobre la malla.



Figura 16. Formación de una capa de fibras sobre una malla (Elaborado por GCE, SDA e IFS, 2023).

4. Coloca una tela absorbente sobre la lámina formada, rota 180° y coloca sobre una superficie plana con la tela absorbente abajo. Retira lentamente el contramarco/malla y coloca otra tela absorbente sobre la lámina de papel, tal como se ve en la **Figura 17**.



Figura 17. Secado con tela absorbente (Imagen tomada por GCE, SDA e IFS, 2023).



- Deja secar las láminas de papel a temperatura ambiente por 2 días sobre las telas absorbentes.



Figura 18. Secado al ambiente sobre tela absorbente (Imagen tomada por GCE, SDA e IFS, 2023).

- Repetir los pasos en consideración de las hojas que desees obtener.



Lo que debes saber

Según estudios de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (**Semarnat**), en México se generan diariamente más de 38 mil toneladas de residuos que se pueden aprovechar mediante el reciclaje, lo cual corresponde al 31% del total de residuos generados (120 mil toneladas por día). El papel, el cartón y los envases multilaminados representan más del 11%, es decir, más de 13 mil toneladas diarias. Específicamente, los residuos diarios de envases multilaminados son alrededor de 1800 toneladas (Semarnat, 2020).

Anualmente, México recicla 4.9 millones de toneladas de papel, lo cual satisface el 88% de la demanda. Teniendo en cuenta que para producir una tonelada de papel se requieren 17 árboles de tamaño mediano, se evita la tala de más de 83 millones de árboles anualmente. Esta cifra aumenta aún más si consideramos que cada tonelada de papel reciclado se reutiliza al menos 7 veces (Cámara del Papel, s.f.).

En la actualidad, las principales fuentes para la fabricación de papel en el país son la madera obtenida de árboles, así como el reciclaje de residuos de papel y cartón. Sin embargo, en diversas instituciones, como el CICY, se están estudiando otras fuentes de obtención de celulosa, como el bagazo de caña, de agave y de henequén, entre otros residuos agroindustriales.

Para concluir

Se ha aprendido a preparar hojas de papel de forma artesanal. Por otra parte, se conoció el impacto del reciclado del papel y cartón sobre la conservación de bosques, así como el aprovechamiento de residuos agroindustriales como fuente de celulosa.



Actividad 5. Construyendo nuestra libreta



Pregunta de investigación

¿Cuáles son los componentes principales de una libreta?



Objetivo

El objetivo de esta actividad es crear una libreta artesanal a través de un proceso de construcción manual.



Lista de materiales

- Perforadora de papel.
- Hojas obtenidas de la Actividad 4.
- Dos láminas de cartón del mismo tamaño de las hojas, para la cubierta o portada.
- Cuerda delgada de henequén u otro material.
- Material para decorar.



Desarrollo

1. Perfora las hojas y las láminas de cartón. Cuida que los huecos queden en la misma posición en todas las hojas.
2. Coloca las hojas entre las láminas de cartón, de tal manera que forme una libreta.
3. Pasa la cuerda por los huecos formando una espiral, tal como se muestra en la **Figura 19**.
4. Finalmente, toma la libreta y decórala al gusto.

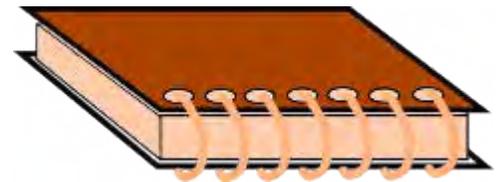


Figura 19. Libreta artesanal (Elaborado por GCE, SDA e IFS, 2023).



Lo que debes saber

En México, tanto mayas y aztecas fabricaban papel que utilizaban para plasmar, mediante una escritura de tipo pictográfico, crónicas históricas, mapas, actos heroicos, etc. Estos papeles, actualmente denominados códices, nos han permitido conocer más sobre estas culturas. El método de obtención de estos rollos consistía en ablandar la corteza de amate (una variedad de ficus) con golpes, lavarla con agua y cal para remover la savia, y finalmente, formar hojas sobre tablas. Según

hallazgos históricos, el primer molino para fabricar papel en México y América se remonta a finales del siglo XVI, ubicado en la población de Culhuacán, en la Ciudad de México. La primera planta de fabricación de celulosa y de papel se estableció a finales del siglo pasado.

La forma primitiva de la libreta se origina en el antiguo Egipto, donde utilizaban tallos de la planta de papiro. Estos se organizaban en franjas horizontales y vertica-



les, se unían mediante golpes y luego se dejaban secar. Este método les permitía crear papel del tamaño deseado, en el cual registraban y almacenaban la información en forma de rollos (Cámara del Papel, s.f.). Posteriormente, en 1920, J. A. Birchall inventó un tipo de cuaderno o bloc de notas. Este consistía en una serie de hojas de papel o cartón unidas en un bloque, protegido por una cubierta de papel en la parte frontal y trasera. Una mejora significativa de este cuaderno era su característica de hojas desprendibles que permitía arrancar una hoja específica para compartirla o entregarla sin tener que llevar todo el cuaderno consigo (Dibreti, 2022).



Figura 20. Proceso de elaboración de papel por los antiguos egipcios (Imagen tomada de BBC Teach, s. f.).

Para concluir

Finalmente se ha construido una libreta y se ha decorado a nuestro gusto. Ahora sí, ¡a disfrutarla!



Puedes ver cómo se elabora un libro artesanal en este código QR.

CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO

En este capítulo hemos adquirido conocimientos acerca del proceso de fabricación de los envases Tetra Brik®, comprendiendo su composición y también explorando cómo utilizarlos como materia prima para elaborar papel artesanal. Además, hemos

profundizado en el tema del manejo integral de residuos, resaltando la relevancia de la separación y el reciclaje. También hemos descubierto algunos datos históricos relacionados con la fabricación de papel en México.



SOBRE LOS AUTORES

El **Dr. Gonzalo Canché Escamilla** es ingeniero industrial en Química de formación y doctor en Ciencias en Ingeniería Química. Actualmente labora en el Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY) como investigador. Tiene amplia experiencia en materiales nanoestructurados y nanocompuestos, polímeros naturales como celulosa y almidón, así como en **materiales compuestos** y reciclados.

El **M. E. R. Santiago Duarte Aranda** es químico industrial de formación y maestro en Energía Renovable. Actualmente labora como Técnico Académico en el Laboratorio de Química Macromolecular de la Uni-

dad de Materiales en el CICY, colaborando en los proyectos de investigación relacionados con el aprovechamiento de residuos agroindustriales para la obtención de materiales compuestos y generación de energías.

El **Dr. Iván Yecid Forero Sandoval** es licenciado en Física de formación. Actualmente realiza una estancia posdoctoral en el CICY. Ha trabajado en el estudio del transporte de calor en materiales y en técnicas de caracterización. En este momento, su trabajo se centra en el desarrollo de materiales usando como materia prima residuos agroindustriales.



GLOSARIO

Degradación: se refiere al proceso de descomposición, desgaste o deterioro de materiales o sustancias, ya sea de origen natural o artificial. Puede ocurrir debido a factores físicos, químicos o biológicos, y puede afectar diferentes tipos de materiales, como orgánicos e inorgánicos.

Envase multilaminado: es un tipo de envase utilizado comúnmente para productos líquidos alimentarios y bebidas. Es un contenedor con forma rectangular hecho de varias capas de cartón, papel de aluminio y polietileno. El envase está diseñado para proteger el contenido de la luz, el oxígeno y otros factores externos que podrían estropear el producto.

Manejo integral de residuos: son actividades que buscan gestionar de manera adecuada todos los aspectos relacionados con la generación, manipulación, tratamiento, disposición y seguimiento de los residuos sólidos, líquidos y gaseosos. El objetivo principal es minimizar los impactos negativos en el medio ambiente y la salud pública, promoviendo al mismo tiempo el aprovechamiento de los recursos y fomentando la sostenibilidad.

Materiales compuestos: son materiales formados por la combinación de dos o más componentes diferentes con propiedades distintas. Estos componentes se unen de manera estructural para formar un material que exhibe características superiores a las de los materiales individuales.



Materiales orgánicos: son aquellos que contienen carbono en su composición y están basados en compuestos biológicos. Estos materiales son de origen vegetal, animal o microbiano, y se caracterizan por ser biodegradables, lo que significa que pueden ser descompuestos por organismos vivos y convertirse en sustancias más simples.

Reciclar: es un proceso mediante el cual los materiales o productos que se consideran residuos, son recolectados, tratados y transformados para poder ser utilizados nuevamente como materias primas en la fabricación de nuevos productos. El objetivo principal del reciclaje es reducir la necesidad de extraer y procesar recursos naturales, así como minimizar la cantidad de residuos que se envían a vertederos o se incineran.

Reducir: disminuir el consumo de cosas innecesarias. También se asocia a la elección consciente de los productos que compramos.

Residuos: son materiales o sustancias que se generan como resultado de actividades humanas y que ya no tienen un uso o valor

inmediato para quienes los generan. Estos materiales pueden ser sólidos, líquidos o gaseosos y pueden ser de origen doméstico, industrial, comercial, agrícola, de servicios públicos o de otro tipo.

Reutilizar: es el proceso de darle un nuevo uso a los materiales o productos, de tal forma que se alargue su tiempo de vida útil antes de desecharlos. Consiste en encontrar formas creativas y prácticas de utilizar estos materiales o productos, ya sea en su forma original o transformándolos en algo nuevo. La reutilización se diferencia del reciclaje en que no implica la transformación de los materiales en nuevos productos, sino que se les da un nuevo propósito o función sin alterar su forma original.

Semarnat: es el acrónimo de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México. Es una institución gubernamental encargada de formular y ejecutar políticas y programas para la protección y conservación del medio ambiente, así como el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales en México.



REFERENCIAS

Animal Político. (2023). [Imagen]. En: Exportaciones de residuos plásticos a México subieron 35.7% en 2021, denuncian colectivos; Semarnat asegura que son reciclados. <https://animalpolitico.com/sociedad/exportaciones-residuos-plasticos-mexico-alza>

BBC Teach. (s.f.). The steps for making papyrus from reeds [Imagen]. En: KS2 History: Ancient Egypt. The River Nile. https://teach.files.bbci.co.uk/teach/history/ancient_egypt/papyrus_making%20copy.jpg

Cámara del Papel. (s.f.). *Historia del Papel*. Recuperado: julio 17 de 2023, de <https://www.camara-del-papel.com.mx/historia-del-papel.php>

Chan Koyoc M. C. (2016). *Estudio del desempeño físico-mecánico de un aglomerado experimental de Tetra Brik reciclado expuesto a intemperismo acelerado*. Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C



- Ciencia UNAM-DGDC. (2021). [Imagen]. Malos olores, una contaminación invisible. <https://ciencia.unam.mx/leer/1130/malos-olores-una-contaminacion-invisible>
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). (2020). *Las tres “erres” mágicas*. <https://www.gob.mx/conanp/es/articulos/las-tres-erres-magicas?idiom=es>
- Dibreti. (2022). *La historia del cuaderno*. <https://cuadernosycarpetas.com/la-historia-del-cuaderno/>
- Flores y plantas. (2021). [Imagen]. En: Día Internacional de la Preservación de la Capa de Ozono. <https://www.floresyplantas.net/dia-internacional-de-la-preservacion-de-la-capade-ozono/>
- La Jornada. (2023). Contaminación en un río del estado de México [Imagen]. En: Chihuahua: prohíben uso de agua de río San Pedro por contaminación. <https://www.jornada.com.mx/noticia/2023/11/07/estados/chihuahua-prohiben-uso-de-agua-de-rio-san-pedro-por-contaminacion-485#:~:text=Autoridades%20ecológicas%20del%20estado%20y,de%20familias%20puede%20causarles%20daño>
- Milenio. (2023). Residuos hospitalarios en Toluca [Imagen]. En: Reportan residuos hospitalarios abandonados bajo puente de Paseo Tollocan en Toluca. <https://www.milenio.com/policia/reportan-residuos-hospitalarios-abandonados-puente-de-toluca>
- Muy Interesante. (2018). *México, líder en reciclaje de papel*. <https://www.muyinteresante.com.mx/medio-ambiente/11689.html>
- Nuestraesfera. (2014). ¿Cómo se clasifican los residuos? <http://nuestraesfera.cl/zoom/como-se-clasifican-los-residuos/>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). (2012). *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave y de Desempeño Ambiental*. https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_12/pdf/Informe_2012.pdf
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). (2020). *Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos*. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/554385/DBGIR-15-mayo-2020.pdf>



6S

Microplásticos: amenaza invisible en nuestro entorno y en la vida silvestre

Biól. Maricruz Evangelina Arcique Pech

Ing. Geól. Argentina Rabago Castro

Ing. Geól. Héctor Rumaldo García Castillo

Dr. Gilberto Acosta González

Dr. José Adán Caballero Vázquez

M. C. Jorge Carlos Peniche Pérez

Unidad de Ciencias del Agua

Descripción

Las y los estudiantes aprenderán cómo identificar los **microplásticos** (MPs) que se encuentran en el medio ambiente; estos son el resultado de la **degradación** de plásticos por acción de la luz ultravioleta y desgaste físico, generándose millones de **partículas** diminutas.

Objetivo general

Comprender la importancia de mantener un entorno saludable y sostenible ante el consumo responsable de los plásticos, al identificar y conocer qué son los microplásticos, qué formas y colores tienen, cuál es su origen y qué repercusiones tienen al ambiente y a los organismos.



Materias afines

- Biología.
- Ecología.
- Dinámica con la naturaleza.
- Conservación del medio ambiente.
- Investigación en ciencias.
- Artes.

¿Qué vas a aprender?

- Aprenderás y conocerás las principales características para identificar un microplástico.
- Identificarás los microplásticos de acuerdo con su forma y color.
- Determinarás las causas y consecuencias de los microplásticos en el medio marino.
- Entenderás cómo los microplásticos afectan a los organismos.

Pregunta inicial



¿Qué son los microplásticos, de dónde provienen, cómo los identifico y qué consecuencias causan en los organismos y en el medio ambiente?



PANORAMA GENERAL DEL TEMA

Plástico es un término que proviene del griego *plastikos* y significa «que puede ser moldeado por el calor». Los plásticos comenzaron su gran auge durante el siglo XX; en los años cincuenta se intensificó el diseño de materiales plásticos sintéticos, que son el resultado de modificar la estructura molecular de materiales a base de carbono, como lo es el petróleo.

Estos nuevos plásticos sintéticos empezaron a sustituir a otros materiales naturales (ejemplo, fibras o resina de árboles) y trajo como resultado la posibilidad de crear nuevos productos más versátiles, durables y resistentes al agua.

Con estos desarrollos y con el aumento de la población humana, comenzó también un incremento en la demanda de productos creados a partir de los plásticos sintéticos. Hoy día es un material indispensable en

nuestra vida cotidiana, tanto en un ámbito personal a través de muebles, utensilios de cocina, tecnología e inclusive en la ropa que usamos; como en el ámbito de nuestras actividades productivas (transporte, almacenamiento, construcción, etc.).

El uso de plásticos ha sido benéfico en el desarrollo de la humanidad, sin embargo, se ha propiciado un consumo desmedido del plástico que se ha convertido actualmente en una crisis de contaminación. Existen plásticos que se manifiestan a simple vista (>200 mm), pero existen otros que prácticamente no se ven, ya que miden entre un tercio de milímetro y 5 mm y se les denominan microplásticos (MPs).

Los MPs se generan de dos formas:

- Los primarios, que se producen directamente en forma de partículas pequeñas



como **pellets** y **microperlas**, y que son utilizados en productos de higiene personal como pastas dentales (Sarria-Villa & Gallo-Corredor, 2016) (**Figura 1**).

- Los secundarios, que se generan de la fragmentación de plásticos más grandes, los cuales se van degradando en el medio por acción mecánica (Espinoza & Cuesta, 2016) y por la radiación ultravioleta (**UV**).

Ahora bien, ¿alguna vez te habías imaginado cómo son los microplásticos y qué formas podrían tener?

A simple vista son difíciles de ver, pero con la ayuda de una lupa o un microscopio se pueden distinguir de otras partículas y apreciar que tienen formas de microperlas, **fragmentos**, **fomi** o fibras, principalmente, y que también son de muchos colores: blanco, azul, negro, morado, etc.

Seguramente al ir caminando por las calles has visto basura en el suelo y te has percatado que mucha de esta son plásticos grandes e inclusive fragmentos (MPs) que se van con el aire o cuando llueve son arrastrados y terminan en las alcantarillas. ¿Pero has visto también los plásticos que están en las playas?.

Estos han llegado de diversas maneras. Por ejemplo, cuando la gente va de visita

y deja su basura ahí se va acumulando. Sin embargo, esta llega al mar y se va poco a poco hacia el fondo. En el mar se ha observado todo tipo de basura plástica como bolsas, tapas, botellas (de agua y de champú), redes de pesca, productos de higiene personal (¡ojo!, esto es muy importante: cepillos de dientes, tubos de pasta dental, maquillaje), desechables (como los contenedores de unicel) y fragmentos de plásticos diversos. Mucha de esta basura plástica con el tiempo y por procesos de fragmentación producen millones de partículas plásticas, que, como ya se mencionó, son conocidas como microplásticos y se incorporan a la arena y al agua de mar.

Ahora bien, ¿qué pasa con los microplásticos? Quizás has escuchado en las noticias que han encontrado MPs en el mar, que los organismos que viven en los océanos se están alimentando de ellos. El consumo de MPs por organismos, como el zooplancton, pueden propiciar que se acumulen en su tracto digestivo y, a la larga, esto propicie que mueran de inanición, ya que las partículas de microplásticos se acumulan y evitan que consuman su alimento; esto puede derivar en que se afecte la cadena trófica en los mares.

También se ha registrado que los peces pueden consumir MPs, hecho que se ha observado en sus vísceras. Aunque los seres humanos no consumen los peces con sus vísceras, ya que usualmente son retiradas,

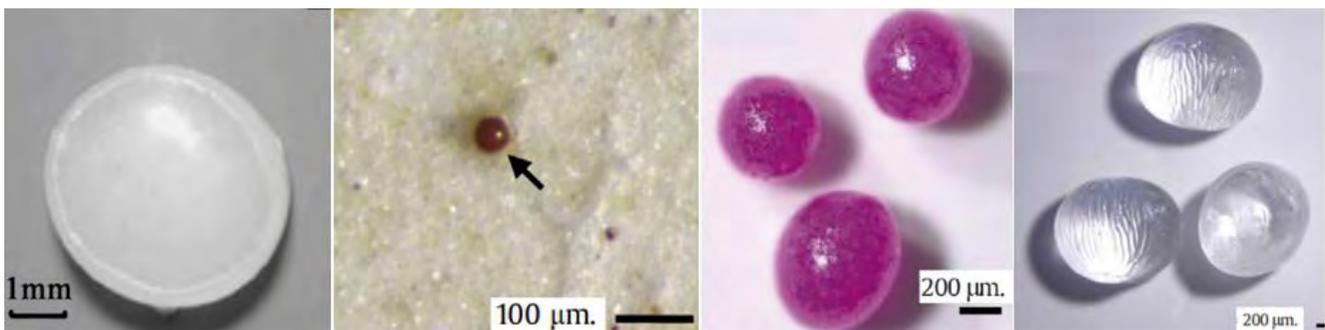


Figura 1. Fotos de diferentes tipos de Pellets (Fuente: Li et al. 2015; Li et al., 2018; Yang et al., 2022).



los MPs pueden actuar como un vehículo de sustancias químicas añadidas en su proceso de fabricación o contaminantes ambientales absorbidos por su superficie durante el tiempo que permanecieron en el medio ambiente (por ejemplo: estireno y metales tóxicos, entre otros) (Wright et al., 2013).

Esto representa un serio riesgo de transferencia de los contaminantes ingeridos por los peces a las partes comestibles, que podría llegar a afectar a la salud humana. Para tratar de minimizar los efectos negativos de los MPs al medio, es muy importante usar de manera responsable los plásticos y desecharlos adecuadamente para que se puedan **reciclar**.



PRESENTACIÓN DEL PROYECTO



Este proyecto tiene el fin de aprender cómo los microplásticos se han apoderado de los ecosistemas, así como entender sus consecuencias en los organismos, ya que se distribuyen de manera rápida del medio terrestre al marino.

Los microplásticos provienen de desechos que son vertidos al océano y por su tamaño diminuto son difíciles de retirar por completo del agua.

Figura 2. Microplásticos ingresando al medio acuático (Fuente: Acosta et al., 2022).

Te invitamos a ver el siguiente video que se encuentra en YouTube, que de manera breve te explica qué son los microplásticos y cómo afectan a los seres humanos.

Medio Ambiente (Semarnat)

«¿Qué son los microplásticos y cómo nos afectan?»

Enlace: <https://www.youtube.com/watch?v=nQIAakB3EvU>



DESARROLLO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



Actividad 1. Exploradores y exploradoras de basura: una aventura ecológica



Pregunta de investigación

¿Cuáles son los tipos y cantidades de basura presentes en nuestro entorno?



Objetivo

Descubrir qué tipo de basura encontramos en nuestro entorno.



Lista de materiales

- Cinta métrica o regla para medir
- Cinta adhesiva
- Guantes de plástico
- Bolsas de papel o cajas de cartón
- Hoja de registro (reciclada)
- Lápiz



Desarrollo

Antes de comenzar la actividad, invita a una persona adulta para que te apoye a supervisar la colecta.

Elige un entorno natural como un bosque, playa, parque, montaña o río donde puedas delimitar un área de trabajo de 3 x 3 metros.

1. Para ello, utiliza una cinta métrica y cinta adhesiva para marcar los límites de dicha área, como se muestra en la **Figura 3**.
2. Una vez establecido el espacio, y tras ponerte los guantes, procede a recolectar la basura que se encuentre dentro del cuadrante delimitado. **OJO:** no



Figura 3. Delimitación del área de trabajo (Fotografía: Héctor García, 2023).

recojas material que parezca peligroso (objetos afilados, vidrios rotos, heces de animales y ten cuidado de no tocar productos líquidos derramados).

3. Utiliza bolsas de papel o cajas de cartón para depositar la basura colectada (**Figura 4**).
4. Finalmente, clasifica la basura colectada identificando el tipo de material; esta información será anotada en la hoja de registro (**Figura 5, Anexo 1**).



Figura 4. Colecta de basura dentro del área de trabajo (Fotografía: Héctor García, 2023).



Figura 5. Conteo y registro de los desechos colectados (Fotografía: Héctor García, 2023).

Lo que debes saber



La cantidad de basura se ha incrementado mucho en los últimos años. Una de las cosas que más encontramos entre ella es el plástico, el cual tarda hasta 1000 años en degradarse por completo. Eso significa que, si lo desechamos en la naturaleza, puede quedarse allí durante mucho tiempo, lo que puede ser dañino para las especies, y muy perjudicial para el medio ambiente.

Conclusiones

Ahora que sabemos que los residuos plásticos son los que causan más problemas al medio ambiente por su lenta descomposición, podemos reducir sus usos y reciclarlos, buscar alternativas más sostenibles, como

usar botellas reutilizables en lugar de plástico, o llevar nuestras propias bolsas cuando vamos de compras.

Recuerda, cada pequeña acción ayudará a cuidar nuestro planeta y mantenerlo limpio.



Actividad 2. Encontremos microplásticos en nuestro entorno



Pregunta de investigación

¿Qué son esas pequeñas partículas que se encuentran en el suelo?

- Brocha.
- Polvo colectado de la calle.
- Frasco de cristal con tapa.
- Palillos de madera.
- Lupa.
- Lápiz.



Objetivo

Aprender las características de los microplásticos.



Desarrollo

1. Con ayuda de una regla o cinta métrica, mide un cuadrante de 1 x 1 m (**Figura 6**) en el suelo de la calle o en el patio de tu casa.
2. Con una brocha irás barriendo el polvo que encuentres y lo colocarás en un frasco de cristal para guardarlo.



Lista de materiales

- Guantes.
- Regla o cinta métrica.



Figura 6. Ejemplo de cuadrado 1 m x 1 m (Fotografía: Maricruz Arcique, 2023).

3. Posteriormente, colócalo en una tapa (puede ser de frasco de café o mayonesa) (**Figura 7**) y con ayuda de los palillos de madera ve separándolo poco a poco.



Figura 7. Muestra colectada de microplásticos (Fotografía: Maricruz Arcique, 2023).

4. Con la lupa observa lo que hay en tu muestra de polvo, intentando identificar microplásticos.
5. Identifica partículas de microplásticos y sepáralas en grandes grupos como:
 - **Microfibras (Figura 8).**
 - Fragmentos (**Figura 9**).
 - Pellets que tienen formas de pequeñas esferas o gránulos (**Figura 10**).



Figura 8. Microfibras encontradas dentro del cuerpo de un pez en Norteamérica (Fuente: Slowfashionnext, <https://slowfashionnext.com/blog/unico-lavado-puede-liberar-700-000-fibras-microplastico/>).



Figura 9. Fragmentos (Fuente: Greenpeace, <https://archivo-es.greenpeace.org/espana/es/GPmagazine/GPM20/Plasticos-en-los-oceanos/index.html>).



Figura 10. Pellets (Hofford, A., 2018). (Fuente: <https://www.fundeu.es/blog/microplastico-pequenos-fragmentos-para-un-gran-problema/>).



- De cada uno de estos grupos de microplásticos, identifica qué colores son los que presentan y haz una subdivisión por color (puede haber azules, verdes, transparentes y otros colores).
- Finalmente, determina qué grupo es el más abundante (mayor cantidad de partículas) y que colores son los que más se presentan.



Lo que debes saber

Los microplásticos se encuentran en muchos lados, podemos encontrarlos en **sedimentos** (arena, polvo, en la calle) o en el agua (océano, lagunas, ríos).

Para concluir

Si lograste identificar alguna forma de microplástico en tu entorno, ¡enhorabuena! Has logrado el objetivo de esta actividad.

Ahora avanzaremos más. Como puedes darte cuenta, los microplásticos se encuentran en muchos lugares y, por lo tanto, se han vuelto difíciles de retirar.

Hay que recordar que los microplásticos tienen diferentes formas y colores, y que pueden provenir de diferentes plásticos de mayor tamaño.

Compara con tus compañeros y compañeras lo que encontraron y comenten sus dudas.



Actividad 3. Un mundo sin microplásticos



Pregunta de investigación

¿Cómo están afectando los microplásticos al medio ambiente (terrestre y acuático)?

- Borrador.
- Creatividad y tu imaginación.



Desarrollo

- En las hojas de papel plasmarás tus ideas e irás narrando dos historias diferentes.
- En la primera desarrollarás un escenario (actual) en el que los microplásticos están afectando a los organismos, los ecosistemas; propondrás alguna manera en la que se podría evitar esta situación.
- La segunda historia será sobre cómo los microplásticos no existen en el mundo y qué alternativas solucionaron la creación de los microplásticos (**Figura 11**).



Objetivo

Crearás dos historias: la primera basada en la actualidad del mundo con microplásticos, y la segunda en uno sin microplásticos.



Lista de materiales

- Hojas recicladas.
- Lápices o bolígrafos.
- Colores.
- Plumones.



Figura 11. Ejemplo de la historia (Fuente: World Wild Found for Nature, <https://www.facebook.com/photo/?fbid=2745143239067260&set=a.1833114730270120>).

CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO

Ahora sabemos que los microplásticos causan un gran impacto en el planeta. Se han encontrado en el agua, suelo y aire; actualmente están por todos lados. No solo afectan a los organismos, sino que también pueden afectar a los seres humanos. Los MPs pueden absorber sustancias tóxicas en su superficie (como metales pesados) y pueden ser consumidos por organismos y, posteriormente, ser transmitidos a través de la cadena alimenticia hasta los humanos y afectar su salud.

Lo que debes saber



Imaginar un mundo con y sin microplásticos nos permite entender la importancia de abordar este problema ambiental y nos motiva a hacer conciencia para reducir el uso desmedido de plásticos. Un mundo con microplásticos afecta a la vida marina y terrestre, tiene un impacto negativo en la salud humana, deteriora la belleza de los paisajes. Es un reto su eliminación por su tamaño (menor a 5 mm), pero con la ayuda y acción de todos y todas, ¡esto es posible!

Para concluir

Con las actividades realizadas e historias creadas, podemos darnos cuenta cómo los microplásticos tienen un impacto en nuestra vida y el planeta; las consecuencias pueden variar de acuerdo con los diferentes escenarios presentados. Asimismo, hay que considerar que el generar mayor cantidad de plásticos a nivel mundial, está teniendo grandes repercusiones. Nuestro compromiso es informarnos sobre cómo evitarlo o qué alternativas existen para disminuir el consumo de plásticos.

Para minimizar el problema de los MPs se puede aumentar la conciencia social en la responsabilidad de reducir la producción y consumo de **plásticos de un solo uso**, vestirse con ropa elaborada de materiales naturales y no sintéticos, y promover la educación ambiental que permita a la sociedad transitar hacia adquirir prácticas más sustentables.



SOBRE LOS AUTORES Y AUTORAS

«Mi nombre es **Maricruz Evangelina Arci-que Pech**. Soy licenciada en Biología. Mi interés principal siempre ha sido lo relacionado a los organismos marinos y su hábitat: el mar. Actualmente me encuentro trabajando con los microplásticos, que son bastante importantes debido a su contaminación en el medio marino y cómo interactúan con la biota marina. Por lo que ahora me encuentro estudiando la maestría en Ciencias del Agua en el CICY».

«Hola, les saluda la **Ing. Geól. Argentina Rabago Castro**. Actualmente me encuentro cursando un posgrado en Ciencias del Agua en el CICY, en donde estoy realizando análisis del agua que se distribuye a poblados por donde pasará el Tren Maya; de esta manera podremos saber la calidad del agua que está recibiendo la población de la península de Yucatán».

«Hola, soy el **Ing. Geól. Héctor Rumaldo García Castillo**. Me interesan mucho los temas enfocados a la hidrogeología. Por el momento me encuentro cursando un posgrado en Ciencias del Agua, en el cual estoy investigando el efecto que ocasiona el lixiviado de sargazo a la arena de las playas. Esto, porque el sargazo es un gran problema en la actualidad y hay muchos estudios sobre los efectos en el agua, pero no para la parte geológica, como lo es la arena».

«Mi nombre es **Gilberto Acosta González**, soy Investigador por México del Conahcyt, adscrito a la Unidad de Ciencias del Agua del CICY. Una de mis pasiones es la fotogra-

fía y realizar actividades relacionadas con la investigación. Uno de los temas que me gusta es saber más sobre los microplásticos y cómo pueden estar afectando a los ecosistemas acuáticos y la salud humana. Visita mi sitio público para conocer el trabajo que realizo: <https://www.cicy.mx/unidad-de-ciencias-del-agua/investigador/gilberto-acosta-gonzalez>».

«Hola, soy **José Adán Caballero Vázquez**, soy biólogo con doctorado en Ciencias Marinas. Actualmente soy Investigador en la Unidad de Ciencias del Agua del CICY. Mi investigación se centra en el estudio de la ecología y biodiversidad de los organismos acuáticos, los peces, especies invasoras, caracterización de la fauna asociada al sargazo, microplásticos en peces y el estudio del agua. Mi interés es contribuir al aprovechamiento y manejo sostenible de los recursos hídricos y entender la vulnerabilidad y conservación de los ecosistemas acuáticos».

«Soy **Jorge Carlos Peniche Pérez**. En la actualidad me desempeño como Técnico Académico de la Unidad de Ciencias del Agua del CICY. Realicé mis estudios de licenciatura en Biología Marina y estudios de maestría en Manejo de Recursos Naturales en la Universidad Autónoma de Yucatán. Desde niño he estado muy relacionado con el medio marino, a tal grado de que a los 6 años ya había decidido que quería ser biólogo marino. Mi pasión por conocer y saber cuáles son las diferencias entre las especies de peces me mantiene “enganchado” a ellos hasta hoy en día».



GLOSARIO

Degradación: se refiere a un proceso en donde se modifica la estructura de un polímero y se vuelve más ligero; durante este proceso pueden intervenir acciones químicas y físicas.

Fomi: es un material suave y esponjoso utilizado comúnmente en manualidades, también conocido como espuma.

Fragmentos: son partículas de forma irregular que provienen de otros plásticos de mayor tamaño.

Microfibras: son pequeñas partículas que provienen de los tejidos sintéticos. Las microfibras suelen desprenderse de la ropa e incluso de algunas redes de pesca.

Microperlas: son pequeñas partículas esféricas de plástico que tienen un tamaño menor a 5 milímetros de diámetro.

Microplásticos: son partículas pequeñas sintéticas que provienen de derivados del petróleo y que miden entre 1-5 mm.

Partículas: son porciones de grandes dimensiones que se reducen de la materia.

Pellets: hace referencia a pequeñas partículas de plástico que son producidas y utilizadas como materia prima en la fabricación de productos plásticos.

Plásticos de un solo uso: muchas veces conocido como plástico desechable. Estos incluyen, entre otros, bolsas plásticas, empaques de alimentos, botellas, contenedores, tazas y cubiertos.

Reciclar: es el proceso mediante el cual se recolectan, separan y transforman materiales usados o desechos en nuevos productos o materias primas que puedan ser utilizados nuevamente.

Sedimentos: es el material sólido de origen natural que podemos encontrar en la superficie; por ejemplo, la arena, limo, entre otros.

UV: se refiere a la radiación ultravioleta o bien, una radiación electromagnética; el nombre proviene debido a que la onda comienza de la más corta de lo que el ojo humano puede lograr identificar.



REFERENCIAS

- Acosta González, G., Carrillo Rosales, D., y Caballero Vázquez, J. A. (2022). Microplásticos en agua y organismos. *Revista de la Academia Mexicana de Ciencias*, 73(2), 14-21. https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/73_2/PDF/Ciencia_73-2.pdf
- Aldana Aranda, D. (2022). Contaminación por microplásticos. *Ciencia (Revista de la Academia Mexicana de Ciencias)*, 73(2), 6-7. https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/73_2/PDF/Ciencia_73-2.pdf
- Espinosa, C., Esteban, M. Á., y Cuesta, A. (2016). Microplastics in Aquatic Environments and Their Toxicological Implications for Fish. *Toxicology-New Aspects to This Scientific Conundrum*. 113-141. <http://dx.doi.org/10.5772/64815>
- Hofford, A. (2018). Imagen de pellets (consulta el 18 de junio del 2023). Fundéu RAE. <https://www.fundeu.es/blog/microplastico-pequenos-fragmentos-para-un-gran-problema/pa2018-2/>
- Li, J., Yang, D., Li, L., Jabeen, K. y Shi, H. (2015). Microplastics in commercial bivalves from China, *Environmental Pollution*, 207, 190-195. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2015.09.018>.
- Li, L., Li, M., Deng, H., Cai, L., Cai, H., Yan, B., Hu, J. y Shi, H. (2018). A straightforward method for measuring the range of apparent density of microplastics. *Sci. Total Environ.* 639, 367-373. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151151>
- Sarria-Villa, R. A. y Gallo-Corredor, J. A. (2016). La gran problemática ambiental de los residuos plásticos: Microplásticos. *Journal de Ciencia e Ingeniería*, 8(1), 21-27. <https://jci.uniautonoma.edu.co/2016/2016-3.pdf>
- Wright, S. L., Thompson, R. C. y Galloway, T. S. (2013). The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review. *Environmental Pollution*, 178, 483-492. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.02.031>
- Yang, S.; Zhou, M.; Chen, X.; Hu, L.; Xu, Y.; Fu, W. y Li, C. A. (2022). comparative review of microplastics in lake systems from different countries and regions. *Chemosphere*, 286, 131806. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131806>



ANEXO 1

Formato de la hoja de registro para la Actividad 1.

Lugar de colecta:

DESECHO	CANTIDAD
Plástico	
Papel	
Cigarros	
Aluminio	

Ejemplo

Lugar de colecta: Parque

Desecho	Cantidad
Plástico	5
Papel	3
Cigarros	2
Aluminio	2



7S

Los hongos del jardín

M. C. Lucila Aurelia Sánchez-Cach

Dra. Georgina Estrada Tapia

Unidad de Biología Integrativa

Descripción

Los **hongos** están prácticamente en cualquier lugar, así que podemos encontrarlos en el jardín más cercano. Ellos necesitan humedad y materia orgánica para subsistir. Recolectaremos muestras para observar el crecimiento de hongos en medios de cultivo y conoceremos sus características.

Objetivo general

Demostrar el crecimiento de hongos a partir de muestras ambientales tomadas del jardín más cercano.



Materias afines

- Ciencias naturales.
- Biología.
- Química.
- Conservación del medio ambiente.
- Dinámica de la naturaleza.

¿Qué vas a aprender?

- Que los hongos están en todas partes.
- Cómo son los hongos.
- La alimentación de los hongos.
- Importancia de los hongos en los ecosistemas.
- Comunicación de los resultados.



Pregunta inicial

¿Hay hongos en los jardines cercanos a mi hogar?



PANORAMA GENERAL DEL TEMA

¿Qué son los hongos?

En la reciente película *Super Mario Bros* (2023), vimos el rescate del Reino Champiñón, sin embargo, debemos saber más sobre los hongos para conocer su verdadera importancia en nuestro mundo, pues es necesario conocerlos para darles el valor como parte esencial en nuestro entorno.

En los reinos de la vida existe el Fungi, que originalmente fue estudiado junto con las plantas y dio origen a las y los **micólogos**, que no fueron más que las y los botánicos que se especializaron en estudiar a los hongos como organismos relacionados con las plantas.

Así pues, los hongos no son plantas debido a que no realizan la fotosíntesis, ni son animales, pues sus células presentan una pared celular (¡así es!, como las células vegetales y las bacterias), con la diferencia que la pared celular de los hongos contiene una molécula llamada **quitina**, un azúcar que forma la coraza de insectos y artrópodos (Deacon, 2006).

Desde hace poco tiempo, relativamente, sabemos que las características de los hongos

los hacen seres más cercanos a los animales que a las plantas. Descubramos qué son y dónde están.

Los hongos son organismos unicelulares o multicelulares que se alimentan de compuestos que pueden tomar del ambiente, de materia orgánica en descomposición o de otros organismos, incluyendo plantas y otros hongos. Entre sus requerimientos para crecer de manera óptima, además de una fuente de alimento, están la humedad elevada (disponibilidad de agua), las temperaturas templadas (siendo la óptima 28 °C) y un pH ácido entre los valores de 4 y 6 (Heredia, 2008).

Pero, ¿y dónde están?

Como muchos otros organismos, los hongos están en todas partes, pero no siempre los podemos ver.

¿Quieres saber más?

Los hongos unicelulares son llamados levaduriformes, dentro de los cuales se clasifican las **levaduras**, que son microorganismos con forma oval y con diámetro que varía de entre 3 y 15 µm dependiendo



de la especie. ¿Son microscópicos? Sí, pero forman colonias visibles al ojo humano.

Por otra parte, los hongos multicelulares también son conocidos como hongos filamentosos o micromicetos. Estos están compuestos por un tipo de células llamadas **hifas**, las cuales al ramificarse forman una red visible al ojo humano conocida como **micelio**. Las hifas pueden ser de dos tipos: septadas o con divisiones, y cenocíticas o sin divisiones (Heredia, 2008).

Los hongos más conocidos, como los champiñones o los del sombrerito rojo y lunares blancos, famosos por ser la casa de los Pitufos (estos últimos del género *Amanita*), son en realidad una estructura macroscópica de los hongos llamada **cuerpo fructífero** o setas (**Figura 1**). Su función es reproductiva y son un medio para esparcir las **esporas**.

Los hongos que forman cuerpos fructíferos pertenecen a las clases Ascomicetos y Basidiomicetos, y están muy relacionados con las plantas, ya que pueden compartir su hábitat y asociarse con ellas de una forma **mutualista**, en la que el hongo produce compuestos que benefician y protegen a las plantas, mientras que las plantas a cambio pueden alimentar a los hongos (Deacon, 2006).

Uno de los organismos más grandes del mundo es el hongo *Armillaria ostoyae*, también llamado «hongo de la miel» (**Figura 2**). Se encuentra en el Bosque Nacional Malheur, en Oregón, Estados Unidos, y se extiende en un área de aproximadamente 800 hectáreas, es decir, el equivalente a más de mil campos de fútbol. Se calcula que ha vivido más de 2000 años (Amayuelas, 2022).

Se estima que, en **biomasa**, los hongos representan la mayor fuente de materia orgánica, ya que el conjunto de filamentos que forman sus hifas o micelio se encuen-

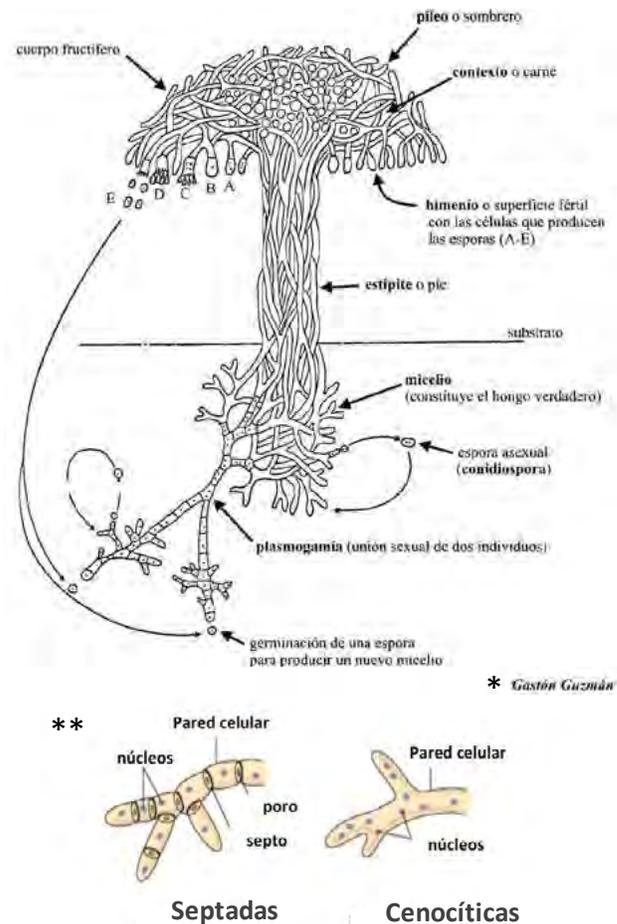


Figura 1. Tipos de hifas y estructuras de los hongos filamentosos (Ilustración de Gastón Guzmán. Editado de *Rodríguez, 2015 y **Campbell, 1996).



Figura 2. Representación del hongo más grande conocido, *Armillaria ostoyae* (Amayuelas, 2022).



tran ocultos debajo del suelo. La asociación de los hongos con las raíces de las plantas se llama **micorriza** y es una de las relaciones más importantes para la salud vegetal y la productividad de los suelos (Deacon, 2006). Es por eso que, en este proyecto nos enfo-

caremos en tomar muestras de los jardines más cercanos a nuestra escuela u hogar, con el fin de recuperar algunos hongos que se encuentran alimentándose de materia orgánica y, así, observarlos en un medio de cultivo a través de un microscopio.



PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

El aislamiento de hongos de cualquier muestra ambiental requiere la preparación de materiales y medios de cultivo. Entre las condiciones que favorecen su crecimiento están la alta disponibilidad de agua, la presencia de nutrientes, un pH ácido y temperaturas templadas. Adicionalmente, se

puede favorecer su crecimiento al inhibir a las bacterias adicionando un tratamiento a la muestra con antibióticos.

En este proyecto colectaremos muestras de los jardines cercanos y descubriremos los hongos que ahí habitan.



DESARROLLO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



Actividad 1. Preparación de medios de cultivo



Pregunta de investigación

¿Los hongos del jardín requieren nutrientes específicos para crecer?



Objetivo

Preparar medios de cultivo sólidos para el crecimiento de hongos.



Lista de materiales

- 2 jeringas de 10 ml.
- 1 litro de agua purificada.
- 2 frascos de 250 o 500 ml.

- 4 sobres de grenetina (7 g c/u).
- 2 cucharas.
- 2 círculos de papel toalla de 10 cm.
- 1 embudo.
- 2 recipientes de 100 ml.
- 1 jugo de verduras (V8®).
- Parrilla eléctrica o estufa.
- 1 recipiente metálico de 2 litros.
- Guantes de cocina.
- 8 frascos de vidrio pequeños.
- Papel aluminio.
- Etiquetas.
- Marcador indeleble.
- 50 g de papa.
- 1 cuchillo.
- 1 recipiente metálico de 500 ml.
- 1 colador de malla fina.
- 1 g de glucosa (una cucharadita).



Desarrollo

Preparación de medio de cultivo con jugo de verduras y grenetina/100 ml

1. Con la jeringa mide 80 ml de agua y colócalos en un frasco de 250 o 500 ml.
2. Añade 2 sobres de grenetina, mezcla con la cuchara y deja reposar.
3. Dobla el papel toalla para formar un cono y colócalo en un embudo. Este a su vez, lo acomodará en un recipiente de 100 ml.
4. Mezcla y abre el jugo de verduras, vacíalo en el embudo para filtrarlo y espera a que se filtren aproximadamente 20 ml. Hay que reservar el resto.
5. Mide 20 ml del jugo filtrado con la jeringa y transfíerelos al frasco con la grenetina. Mezcla de nuevo con la cuchara.
6. En la parrilla o estufa coloca el recipiente metálico de 2 litros con un poco de agua y pon a cocer en baño maría el frasco con la mezcla de grenetina y jugo de verduras.
7. Déjalo unos minutos para que se funda la grenetina. Manipula con los guantes de cocina.
8. Vacía este medio fundido en 4 frascos de vidrio en partes iguales y tapa con papel aluminio y etiqueta como «Jugo de verduras (V8)» (**Figura 3**).
9. Coloca estos frascos tapados en el recipiente del baño maría y hierve por 10 minutos. Apaga y deja atemperar.
10. Una vez atemperados los medios, guarda en refrigeración por 24 horas.

Preparación de medio de cultivo con PDA y grenetina/100 ml

1. Lava y corta 50 g de papa con cáscara.
2. Coloca los trozos en el recipiente metálico de 500 ml y añade agua purificada hasta cubrirlos.
3. Pon a hervir en la parrilla o estufa.
4. Ya hirviendo, baja la temperatura al mínimo y deja por 10 minutos más. Apaga y espera que se enfríe.
5. Cuela el caldo de papa con el colador de malla fina, colectando en un recipiente de 100 ml.
6. Con la jeringa mide 100 ml del caldo de papa y transfiere a un frasco de 250 o 500 ml (si no obtuviste los 100 ml con el caldo de papa, adiciona agua purificada para completar este volumen).

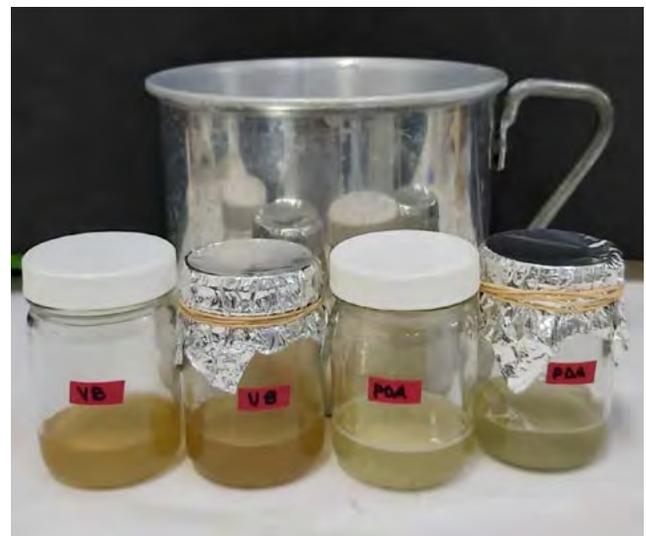


Figura 3. Medios de cultivo con jugo de verduras y PDA en frascos (Fotografía: Sánchez-Cach, 2023).



7. Añade y disuelve 1 g de glucosa (azúcar) y 2 sobres de grenetina.
8. Mezcla y funde la grenetina a baño maría.
9. Procede como en los pasos 6, 7 y 8 de la preparación del medio anterior, pero la etiqueta ahora será PDA (**Figura 3**).



Nota

Cuando trabajes con calor en la parrilla o estufa, debes tener cuidado y utilizar guantes de cocina que te protejan de quemaduras. Asimismo, de ser posible, estar supervisado por una persona adulta que te ayude a manipular los frascos calientes.

Deberás cerciorarte que los medios hayan cuajado y que estén traslucidos. Mantén los medios en refrigeración hasta su uso en la Actividad 3.



Lo que debes saber

Al no ser plantas, los hongos no realizan la fotosíntesis; son organismos quimio-heterótrofos que sintetizan compuestos orgánicos necesarios para su crecimiento y para la obtención de energía a partir de fuentes orgánicas preexistentes en el ambiente. Además de las fuentes naturales, en el laboratorio se preparan medios sintéticos con pH adecuado (pH 5-6), que contienen una fuente rica de azúcares, nitrógeno (sales de amonio), fósforo y hierro (Ortega Amaro et al., 2017).

Para concluir

La preparación de medios de cultivo no es difícil, solo se requiere de tiempo y paciencia.

Los medios de cultivo preparados contienen jugo de verduras (V8®) o extracto de papa y azúcar, y deben estar estériles, es decir, libres de microorganismos. Según el tipo de medio y las condiciones de crecimiento, como temperatura, humedad y pH, serán los microorganismos que obtendremos, en este caso, hongos.



Actividad 2. Visita y haz un muestreo en el jardín



Pregunta de investigación

¿Cómo puede ser mi muestra para aislar hongos?



Objetivo

Visitar el jardín más cercano y seleccionar los lugares de muestreo para el cultivo de hongos.



Lista de materiales

- 2 frascos pequeños con tapa.
- 2 pinzas.
- Etanol al 70%.
- Algodón.
- 4 veladoras o trabajar cerca de la estufa.
- 20 ml de agua purificada hervida.
- 2 goteros.



- Ampicilina o cualquier antibiótico
- Marcador indeleble para etiquetar las muestras



Desarrollo

Colecta de muestras

1. Toma los 2 frascos pequeños para muestras, las pinzas y dirígete al jardín más cercano.
2. Selecciona las muestras (fracciones de raíz, pedazos de hoja, pedazos de madera, etc.) de dos áreas del jardín.
3. Destapa los frascos, toma las muestras con las pinzas y deposítalas en los frascos, tapa de nuevo los frascos. Etiqueta con el tipo de muestra, el lugar de colecta y la fecha. Regresa al lugar de trabajo.
4. Limpia la superficie de un área para trabajar con alcohol al 70% y algodón.
5. Enciende las veladoras o la estufa.
6. Destapa los frascos de las muestras y adicionales el agua hervida.
7. Con la ayuda de un gotero añade también un poco de antibiótico (unas gotas o una fracción de pastilla o polvo de una cápsula).
8. Deja reposando de 12 a 16 horas (**Figura 4**). Este será el material a utilizar en la Actividad 3

9. Pasado este tiempo, el agua deberá permanecer transparente, quizá con algo de color, pero translúcida y no turbia.



Figura 4. Frascos con muestras del jardín en agua y en tratamiento con antibiótico (Fotografía: Sánchez-Cach, 2023).



Lo que debes saber

Los hongos tienen preferencia por ambientes húmedos, pero aún si tomamos la muestra de un ambiente seco, seguramente encontraremos su crecimiento pues les proporcionaremos la humedad y los nutrientes que requieren para crecer.

Nota



Debes tener precaución al trabajar cerca del fuego, ya sean las veladoras o la estufa, y mantener el etanol lo más alejado posible.

Para concluir

Para favorecer el crecimiento de hongos de las muestras ambientales, estas se tratarán con antibiótico antes de ser colocados al medio de cultivo; de este modo evitamos el crecimiento de bacterias.



Actividad 3. Inóculo de microorganismos



Pregunta de investigación

¿Crecen los mismos hongos de una muestra del jardín inoculada en diferentes medios de cultivo?



Objetivo

Inocular muestras del jardín en diferentes medios de cultivo.



Lista de materiales

- Cubrebocas.
- Agua.
- Jabón.
- Etanol al 70%.
- Algodón.
- Pinzas.
- 4 veladoras.
- Medios de cultivo (preparados en la Actividad 1).
- Muestras del jardín (colectadas en la Actividad 2).
- Marcador indeleble.



Desarrollo

1. Colócate el cubrebocas y lávate muy bien las manos con agua y jabón.
2. Limpia la superficie del área donde vas a trabajar con etanol al 70% y algodón.
3. Limpia las pinzas con etanol y algodón. Pon las puntas a la llama de la veladora por 20 segundos y deja que se enfríen.
4. Destapa un medio preparado en jugo de verduras y un medio preparado en

PDA, toma un frasco de las muestras colectadas en el jardín y con las pinzas divide en porciones y colócalas en cada uno de los medios destapados.

5. Tapa ambos medios y etiquétalos con el marcador indeleble: el tipo de muestra, el lugar de colecta y la fecha. Repite el mismo proceso para inocular la segunda muestra colectada.
6. Finalmente, déjalas incubando tapadas a temperatura ambiente, como se muestra en la **Figura 5**. También te sugerimos dejar un frasco sin inocular junto a los inoculados. Este será tu testigo de trabajo.



Figura 5. Muestras inoculadas en los medios de cultivo preparados en jugo de verduras y PDA (Fotografía: Sánchez-Cach, 2023).



Nota



Las hormigas pueden visitar tus cultivos y contaminarlos, así que, de ser posible, diseña una isla para salvaguardar tu experimento. Esto lo puedes lograr utilizando dos recipientes: uno lo vas a llenar con agua hasta una tercera parte y en el otro vas a colocar tus cultivos; este a su vez lo vas a insertar dentro del recipiente con agua.

Lo que debes saber



No todos los hongos crecen en el mismo medio y no todos los hongos presentes en una muestra son cultivables.

Para concluir

En las muestras ambientales puedes lograr obtener más de un tipo de hongo.



Actividad 4. Observación macroscópica



Pregunta de investigación

¿Son iguales todos los microorganismos que se encuentran en el jardín?



Objetivo

Observar y describir la morfología de las colonias de microorganismos obtenidos.



Lista de materiales

- Frascos de las actividades anteriores.
- Libreta.
- Lápiz.
- Colores.
- Cámara fotográfica.
- Mucha imaginación.



Desarrollo

1. Te sugerimos ver el siguiente video acerca de los hongos:

Ecología Verde

«Reino Fungi (definición, características y clasificación)»

<https://www.youtube.com/watch?v=Gos-V4sPJga0>

2. Ahora, inicia observando todos los frascos. Deben tener crecimiento los frascos inoculados, como se ve en la **Figura 6**, y los no inoculados deben permanecer limpios.
3. Cuenta cuántas colonias de hongos se obtuvieron en total y cuántos se parecen entre sí.
4. Diseña un cuadro para clasificar los hongos de acuerdo a la morfología que presentan, incluyendo color, tamaño, aspecto, etc.
5. Toma fotografías y dibuja en el cuaderno los microorganismos que más interés te despierten.

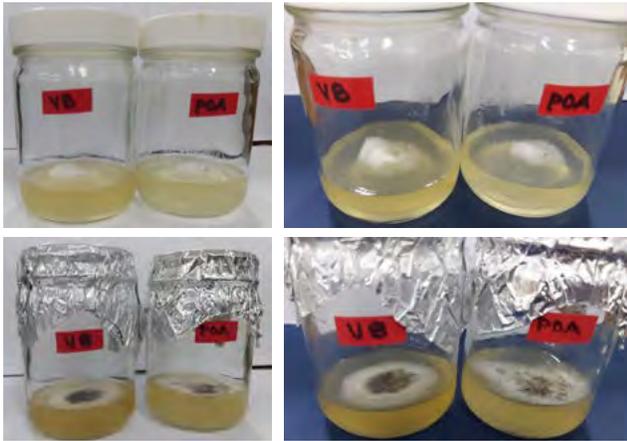


Figura 6. Colonias de hongos en medios de cultivo preparados con jugo de verduras y PDA (Fotografía: Sánchez-Cach, 2023).



Lo que debes saber

- Los hongos pueden presentar características específicas de tipo aterciopelada, pulverulenta, algodonosa, rugosa, plegada, cerebriforme, granulosa, etc. En el caso de las levaduras, la colonia es cremosa.
- Por el tipo de colonia puede ser: dura, membranosa, blanda, suave, etc. Y se puede observar también en relieve, plana o elevada.
- Los hongos también pueden presentar pigmentación que se puede observar por arriba o por debajo del medio de cultivo.



Nota

Aquí desarrolla tu imaginación para clasificar a los hongos de acuerdo a lo que observas y lo que hayas investigado.

Para concluir

Generalmente, en una muestra ambiental se encuentra más de una especie de hongo. Los medios preparados son adecuados para que crezcan hongos.

CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO

Los hongos están en todas partes y son indispensables en nuestra vida y la salud de suelos, animales y plantas. Necesitan una fuente de alimento y también pueden ser fuente de alimento o un ingrediente indispensable en la elaboración de pan, vino o cerveza, entre otros. De ellos obtenemos sustancias que son útiles para la producción de medicamentos y de importantes procesos en la industria. Algunos causan enfermedades significativas en plantas, animales y humanos.

El conocimiento es el primer paso y el reino de los hongos es muy amplio; es por eso que somos responsables de conocerlos y conservar su hábitat para mejorar y lograr un desarrollo sostenible evitando, con la aplicación del conocimiento, contaminar nuestro planeta y así promover las asociaciones de todos los organismos que propician un entorno saludable.



SOBRE LAS AUTORAS

«Soy **Lucila Aurelia Sánchez Cach**, estudié la carrera de Químico Farmacéutico Biólogo (UADY) y la maestría en Ciencias en Biotecnología de Plantas (CICY). Soy Técnico Académico en la Unidad de Biología Integrativa del CICY desde 1998 y he colaborado en proyectos de cultivo de tejidos vegetales, transformación genética, extracción de metabolitos, clonación de genes y actualmente estoy enfocada en la clonación de genes de defensinas de plantas con actividad antimicrobiana y su expresión recombinante en bacterias».

«Soy **Georgina Estrada Tapia**, investigadora de la Unidad de Biología Integrativa del CICY. Realicé estudios de doctorado en Ciencias Bioquímicas en el Instituto de Biotecnología de la UNAM. En nuestro laboratorio estudiamos moléculas de defensa de las plantas relacionadas con la infección por hongos y bacterias. Nos interesa conocer los efectos de las defensinas en los microorganismos como posible medio de control de plagas en la agricultura y la salud. Nuestro trabajo incide en la reducción del uso de plaguicidas y antibióticos para la conservación del medio ambiente y la sostenibilidad».



GLOSARIO

Biomasa: materia total de los seres que viven en un lugar determinado, expresada en peso por unidad de área o volumen.

Cuerpo fructífero: estructura formada a partir del micelio para esparcimiento de esporas.

Espora: forma vegetativa de las células de hongos y otros organismos para su reproducción y colonización de nuevos sitios.

Hifa: célula alargada de los hongos que contiene pared celular de quitina; puede ser cenocítica o septada.

Hongo: son organismos eucariotas no fotosintéticos que pertenecen al reino Fungi. Entre sus características están la forma y tipo de células, ya sean hifas o levaduras, la presencia de una pared celular que contiene quitina y la formación de esporas y cuerpos fructíferos.

Levadura: forma unicelular esférica u ovalada de los hongos.

Micelio: filamentos formados por hifas.

Micólogo(a): persona dedicada al estudio de la micología.

Micorriza: es la asociación simbiótica entre los hongos y las raíces de las plantas.

Mutualismo: forma de vida en la que se asocian dos organismos con beneficio para ambos.

Quitina: tipo de polisacárido (molécula de azúcar) elaborado por algunas hongos y animales. El caparazón exterior duro de los camarones, las langostas y muchos insectos está hecho de quitina.



REFERENCIAS

- Amayuelas, Celia (2022). El hongo más grande del mundo mide lo mismo que 1.350 campos de futbol. *Diario El español*. Consultado el 02 de junio de 2023. https://www.lespanol.com/enclave-ods/historias/20221215/hongo-grande-mundo-mide-mismo-campos-futbol/724177763_0.html
- Campbell Neil, A. (1996). *Biology*. Chapter 28, pag 757. University of California, Riverside. The Benjamin Cummings Publishing Company, Inc.
- Deacon, J. W. (2006). *Fungal biology* (3era. Ed.). Wiley-Blackwell Pub.
- Heredia, G. (Ed.). (2008). *Tópicos sobre diversidad, ecología y usos de los hongos microscópicos en Iberoamérica*. Instituto de Ecología A.C.
- Ortega Amaro, M. A., & Rodríguez y Dominguez Kessler, M. (2017). *Manual de prácticas del laboratorio del curso de Biología de hongos*. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. <http://www.fc.uaslp.mx/academicos/material-didactico/MANUALDELABORATORIOBIOLOGIADEHONGOS.pdf>
- Rodríguez González, N. (2015). En México solo se conoce el 3% de la diversidad de hongos. *BoCES, Boletín de Ciencia, Educación y Sociedad*. Consultado el 02 de Junio de 2023. <https://boletinboces.wordpress.com/2015/08/07/en-mexico-solo-se-conoce-el-3-de-la-diversidad-de-los-hongos/>



85

Xtes: alegría en tu vida para una mejor nutrición

Dra. Ivonne Sánchez del Pino¹

Dr. Andrés Xingú López²

L. T. Antonio Iván Solís Nava³

Est. Johana Marisol Rodríguez Ortiz⁴

¹Unidad de Recursos Naturales (CICY)

²Unidad de Biotecnología (CICY)

³Colegio Comunidad Educativa Ágora

⁴Universidad Anáhuac Mayab

Descripción

Utilizando sus 5 sentidos, las y los participantes aprenderán aspectos básicos sobre el amaranto: historia, cultivo, utilidad, el reventado de semillas, colorantes y propiedades nutrimentales. Todo lo harán usando herramientas de comunicación efectiva, convirtiéndose así en divulgadores y divulgadoras de la ciencia.

Objetivo general

Que las y los participantes aprendan mediante el trabajo en equipo, el uso de varias herramientas empleadas en la ciencia para obtener resultados en beneficio de la sociedad y en la conservación de las especies que se estudian.



Materias afines

- Botánica.
- Agronomía.
- Bioquímica.
- Nutrición.
- Divulgación.

¿Qué vas a aprender?

- Morfología, ciclo de vida de una planta, terminología botánica.
- Historia y cultivo del amaranto.
- Tipos de colorantes.
- Capacidad de reventado de semillas.
- Capacidad de divulgar hallazgos de forma divertida y fácil para la audiencia.



Pregunta inicial

¿Qué hace a una planta ser tan beneficiosa para la humanidad?



PANORAMA GENERAL DEL TEMA

Durante la infancia comemos lo que nos gusta o lo que las personas adultas nos dan; a veces no es fácil llevar una alimentación nutritiva y balanceada, principalmente por cuestiones monetarias. Ocasionalmente, hay carencia de alimentos sanos y excesos de aquellos con alto valor calórico y grasas. El consumo de muchas azúcares refinadas y grasas incrementan las posibilidades de enfermedades cardíacas, obesidad, hipertensión y diabetes, en algunas ocasiones a partir de la infancia.

¿Puede un niño o niña darse cuenta de esto y adecuar sus hábitos alimenticios con el paso del tiempo?

De nuestra parte, creemos que no solo es posible sino necesario. Un primer paso es acercar la ciencia a los niños y niñas para que experimenten vivencialmente cómo están constituidos los alimentos y que determinen qué les nutre y qué les perjudica.

El amaranto es considerado un alimento novedoso con un enorme valor nutricional que suele desconocerse; igualmente, se desconoce que las partes tiernas de la **planta** de amaranto son consumidas en forma de quelites o que pueden incluirse en ensaladas (Mapes et al., 1997).

Una forma de adentrarse al consumo es logrando que esta planta sea adoptada desde su cultivo, para así producir nuestro propio alimento; esto se puede practicar desde casa en huertos familiares de traspatio, en macetas o en huertos verticales con el uso de envases PET. De igual forma, reutilizando recipientes apropiados se puede practicar la implementación de **germinados** de amaranto y, a través de estos, conservar y consumir las propiedades nutrimentales de las semillas (Montoya-González et al., 2017).

Gracias a la **agronomía** entendemos los procesos que interactúan en las plantas



que empleamos como base de nuestra alimentación. Estos conocimientos pueden ser replicados para acercarnos a la obtención de alimentos frescos, inocuos y altamente nutritivos.

El amaranto es una planta milenaria que ha sido empleada, muy probablemente, a partir de comunidades nómadas que seleccionaron este recurso hasta datarse como cultivada por civilizaciones como la maya, azteca o inca (esta última, habitante de lo que actualmente se conoce como Perú), llegando a ser tan importante como el maíz y el oro. Desafortunadamente, después de la Conquista de México su cultivo fue en detrimento (AMA, 2010). Por ello consideramos indispensable lograr la apropiación cultural de esta planta a través de divulgar la importancia que ha tenido a lo largo de la historia hasta nuestros días.

A pesar de la trascendencia histórica que tiene el amaranto, hay un enorme desconocimiento de su apariencia y cuáles son las partes que se consumen. Mayormente está relacionada con las «alegrías», un dulce con reventado de semilla de amaranto y miel.

Por lo que, a través del uso de la terminología **botánica**, que es generalizada y universal, incursionaremos en la descripción morfológica de las partes vegetativas y florales, incluyendo el ciclo de vida de una angiosperma en donde observamos el polen, los pistilos y frutos.

La hoja y la semilla son las fuentes de principal consumo, y las flores son principalmente de uso ornamental (Matías et al., 2018); algunas plantas de amaranto son completamente rojas desde los tallos hasta las flores. Mediante la diferenciación de colores nos adentraremos en el conocimiento de los colorantes naturales, usando como ejemplo el caso de las **betalaínas**, que son exclusivas de ciertas familias de plantas vasculares en el orden Caryophyllales (Hernández & Cruz, 2021), y cuyo nombre proviene del betabel o remolacha (*Beta vulgaris* L.). También se abordarán las propiedades del reventado en la semilla, que se asemeja al de las palomitas de maíz. En forma divertida incursionaremos en estos temas mediante recetas de cocina de las semillas, las hojas y los colorantes naturales.



PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

Nuestro proyecto busca que las y los participantes comprendan la importancia de una buena alimentación. Tomando como ejemplo la planta de amaranto, se les enseñarán las partes nutritivas, cómo pueden aprovecharlas y cultivarlas, y se

les solicitará que imaginen y plasmen de manera ingeniosa (cómics, infografías o dibujos divulgativos, muñecos, un platillo, etc.), cómo les transmitirían las bondades del amaranto a otras personas.



DESARROLLO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



Actividad 1. Aprendiendo la morfología y el ciclo de vida de una planta (como ejemplo el amaranto) usando terminología botánica



Pregunta de investigación

¿Qué es el amaranto y cómo se distingue de otras plantas?



Objetivo

Aprender de una forma divertida la terminología y morfología botánica de la planta del amaranto. Todos los conceptos deberán reconocerse por su valor como un idioma universal y la o el estudiante se apropiará del reconocimiento de la planta a través de verla, tocarla, olerla y sentirla.



Lista de materiales

- 5-10 plantas de amaranto en etapa adulta (o al menos una planta para ser estudiada y dibujada por estudiante).
- 30 semillas por estudiante (empleadas para su observación en microscopio, dibujar y para tratamiento previo a la germinación). Recordar que las semillas de amaranto son muy pequeñas, miden 1 mm; por lo que, en caso de usar otro tipo de semilla, el número puede variar.
- 5-10 plántulas (o al menos una plántula para ser estudiada y dibujada por estudiante).

- Hojas de papel bond, papel cartulina u opalina
- Lápices, colores, marcadores, crayones, etc.
- Diario científico que será utilizado por la/el estudiante para escribir lo aprendido y dibujar las diferentes etapas de una planta desde semilla, pasando por plántula hasta una planta madura.
- Un microscopio estereoscópico, de preferencia, pero también se pueden usar lupas (al menos una por estudiante).
- En caso de tener celular, este se puede usar para tomar fotografías. Otra opción es usar una cámara fotográfica.



Desarrollo

1. Se realizarán observaciones, de manera macroscópica, de toda una planta desde las hojas, tallos, inflorescencias, flores, frutos y semillas (**Figura 1**). Esta actividad se hará para que aprendan a oler, sentir, ver y, si es posible, saborear las hojas.
2. Se coleccionarán diversas hojas de amaranto y se realizarán dibujos de sus estructuras.



3. Previamente lavadas y desinfectadas, se probarán las hojas para reconocer que cuando la planta está en etapa de floración tienen un sabor diferente con respecto a las provenientes de más jóvenes.
4. Una vez que se hayan realizado estas observaciones y sensaciones, se espera que la/el estudiante se haya familiarizado con la planta que nos interesa, de tal forma que se les evaluará dejando diversos estadios de la planta entre las muestras a valorar para que puedan reconocer a la planta de estudio entre las otras. De ser así, habremos logrado la apropiación del conocimiento de la planta de estudio.
5. Con un microscopio estereoscópico se mostrarán las partes florales y el polen de las plantas de amaranto mediante el uso de un microscopio óptico.
6. Podrán tomar fotografías y desarrollar sus habilidades para obtener imágenes o dibujos en acuarela, lápiz, crayón o plumones, en diferentes texturas de papel.



Figura 1. Morfología de una planta de amaranto: A) semillas germinadas, B) planta joven, C) inflorescencias, D) tallo acanalado y hoja lanceolada, E) raíz, F) flores femeninas (♀) y flores masculinas (♂) (imágenes A-C: Andrés Xingú, 2023; imágenes D-F: Ivonne Sánchez, 2023).

Nota

No se han reportado hasta la fecha casos de toxicidad por consumo de hojas de amaranto, pero queda bajo tu consideración si gustas probarlas. También sería favorable saber si tienes alergias a este tipo de plantas antes de olerlas o consumirlas.





Lo que debes saber

¿Sabías que las hojas del amaranto son peculiares?

Las hojas tienen un pecíolo (una estructura que une a la lámina de la hoja con el tallo). Las hojas pueden crecer una opuesta a la otra o a veces se alternan creciendo a lo largo del tallo. Las láminas de las hojas tienen unas líneas que corren a lo largo de ellas y se llaman nervaduras o venas, y son prominentes en el envés (parte abaxial de la hoja), pueden ser de color verde brillante, existiendo algunas con tonos rojizos o morados.

¿Conoces el tallo del amaranto?

El tallo es cilíndrico y anguloso con gruesas estrías longitudinales que le dan una apariencia acanalada (**Figura 1D**).

¿Sabías que los amarantos presentan flores femeninas y masculinas por separado?

Cuando suceden en plantas diferentes se les nombra «dioicas», que significa «*en casas separadas*», sin embargo, también pueden estar las flores femeninas distantes de las flores masculinas en una misma planta y se les llama «monoicas», que significa «*en la misma casa*» (**Figura 1F**).

¿Sabes qué es una inflorescencia?

Las inflorescencias son grupos de flores en ramificaciones del tallo que están for-

madas por un eje donde se insertan las brácteas y las flores (**Figura 1C**). Las brácteas son hojas modificadas que a veces suelen tener una punta muy rígida, por lo que las personas las describen como espinas.

¿Sabías que el fruto del amaranto es muy pequeño?

Al darse la fecundación se produce el fruto, que es el ovario maduro. Es seco y puede o no tener una línea de **dehiscencia**; los frutos son milimétricos y contienen una semilla muy pequeña.

¿Sabías que las semillas pueden ser de diferentes colores?

Principalmente son negras y blancas, aunque también pueden ser rosas, rojas o pardas. Las semillas negras son generalmente de plantas silvestres y las blancas de plantas cultivadas, aunque a veces se encuentran ambas en algunas cultivadas.

¿Imaginas cuántas semillas se requieren para hacer una palanqueta del dulce llamado «alegría»?

Se requieren demasiadas y esperamos que ahora que sabes esta información, valores las semillas de amaranto pues son muy nutritivas sin importar que sean pequeñas.

Para concluir

Aprendiste que una planta tiene diferentes etapas, cuáles son las partes comestibles y en qué momento se deben consumir. Reconociste de manera botánica al amaranto y aprendiste la terminología. De esta manera, comprendiste la importancia de la observación como punto de partida del método científico.



Actividad 2. Historia y cultivo del amaranto



Pregunta de investigación

¿Por qué es importante el amaranto?



Objetivo

Mediante el conocimiento de su historia y su cultivo, se busca que las y los participantes se apropien culturalmente del amaranto, una planta milenaria.



Lista de materiales

- Música prehispánica.
- Barro o plastilina.
- Semillas de amaranto.
- Tierra agrícola.
- Composta.
- Agrolita.
- Charolas o camas germinadoras.
- Agua.



Desarrollo

Mediante el sentido auditivo se espera que las y los estudiantes puedan percibir un ambiente prehispánico. A través de una plática o la proyección de los siguientes videos, se estará contextualizando históricamente sobre esta planta. Se espera lograr un arraigo cultural, tanto de ella como de las prácticas de su uso del pasado hasta la actualidad (**Figura 2**).

Azteca Noticias

«El antes y después del amaranto en México»

<https://www.youtube.com/watch?v=nMvIa-vmgIq>



Figura 2. Historia del amaranto. Amarantina (personaje creado y derivado de una inflorescencia de amaranto) nos remonta a tiempos prehispánicos (Ilustración: Allison Téllez, 2023).



Nota

Se pueden usar desde vasitos o frascos de cualquier material, en vez de charolas o camas germinadoras. En lugar de barro se puede usar plastilina, cerámica fría, almidón o algún otro material para hacer figurillas.

Se pueden usar diferentes tipos de sustrato en caso de realizarse algún experimento que lleve desde la formulación de hipótesis, planteamiento de la metodología, hasta la presentación de resultados y discusión conforme a los pasos del método científico.



CICY-Centro de Investigación Científica de Yucatán

«Amaranto: Un alimento prehispánico con alto valor nutricional en creciente consumo. Día 1, sesión matutina»

https://www.facebook.com/watch/live/?ref=watch_permalink&v=572419524054205

Espiga de amaranto

«Un vistazo a la historia del amaranto»

<https://www.facebook.com/watch/?v=2729688260684776>

Guillermo Hernández

«Ciudad de Dioses T1 - 04. El Dios de semillas de amaranto»

<https://www.youtube.com/watch?v=Q4UT-pP3GAJo>

1. Terminada la plática, las y los estudiantes podrán hacer vasijas o artesanías que evoquen la cultura prehispánica.
2. Se debe otorgar tiempo necesario para que las y los estudiantes puedan explorar los materiales con los que van a trabajar y así lograr una mayor sensibilización en la elaboración de alguna vasija, contenedor de agua o de alimentos de estilo prehispánico.
3. Para el cultivo se preparará la tierra. Debe ser un **sustrato** que provea de soporte y nutrientes a la futura planta en crecimiento, que permita una adecuada humedad y aireación. El sustrato en el que se han dado mejores resultados de **germinación** contiene 1/3 de tierra agrícola, 1/3 de composta y 1/3 de agrolita.
4. Se colocan las semillas en las charolas germinadoras de unicel o plásticas.

5. La semilla preferentemente debe depositarse una por cavidad. Se debe introducir en el sustrato previamente humedecido, de 3 a 5 mm de profundidad, ya que de esa manera se observará la germinación a partir del tercer día (**Figura 3F**).
6. La humedad del sustrato debe ser adecuada en todo momento para garantizar la sobrevivencia de las plántulas.
7. Una vez que presenten una hoja verdadera, las plántulas estarán listas para ser trasplantadas (**Figura 3G**).



Figura 3. Cultivo de amaranto: A-C) secuencia de la preparación de charolas germinadoras, D) eliminación del exceso de sustrato, E) humectación de semillas para inmovilizarlas y evitar que se resbalen al tomarlas con pinzas, F) siembra de semilla, G) planta lista para **trasplante**, H) trasplante de planta, I) planta desarrollada después de ocho días de haber sido trasplantada (Imagen: Andrés Xingú, 2023).



Lo que debes saber

El amaranto es un pseudocereal ancestral de gran importancia cultural y que los españoles prohibieron cultivar debido a que se le asociaba con prácticas «paganas y diabólicas», por lo que su uso y cultivo solo se mantuvo en lugares alejados y de difícil acceso.

¿Sabías que la planta de amaranto no es exigente en cuanto a un tipo de suelo específico, dado que es una planta de crecimiento rústico? Así es, esta planta tolera sequías, salinidad y suelos pedregosos, pero siempre es mejor cultivarlo en un suelo de fácil manejo.

Al exponer la semilla de amaranto a la humedad y oscuridad dada por el suelo, se humecta y comienzan los procesos fisiológicos que conducen a su germinación, donde primero emerge la radícula y después se asoman los cotiledones, y al paso de los días se forman las hojas verdaderas para tener una planta en crecimiento.

Recuerda que las semillas son viables cuando están maduras y de color característico, y son sanas si presentan un color brillante sin daños físicos ni mecánicos.

Para concluir

Este es un viaje cultural que les permite a las y los estudiantes saber de la historia de una planta milenaria y cómo cultivarla, viendo su desarrollo desde una semilla hasta una plántula por sus propias manos. Ellos y ellas lograrán una apropiación y conocimiento del organismo vivo con el que se está trabajando. Mediante observaciones de campo podrán ver las diferentes etapas de desarrollo del amaranto.



Actividad 3. Colores de los amarantos



Pregunta de investigación

¿Qué es un colorante natural comestible?



Objetivo

Aprender que los colorantes pueden ser naturales y benéficos para la salud, y que pueden ser empleados en la elaboración de alimentos y bebidas o como pigmentos textiles.



Lista de materiales

Sopes con quelites y germinado

- Agua purificada.
- Olla.
- Hojas de amaranto.
- 1 kg de masa de maíz.
- 500 g de harina de amaranto.
- Sal.
- Prensa para hacer tortillas.
- Comal o sartén.
- 200 g de germinado de amaranto.
- Queso fresco (opcional).



- 2 recipientes medianos (uno de ellos se usará para hacer la masa mezclando, agua, sal, harina de amaranto y la masa de maíz. El segundo recipiente se usará para colocar las hojas de amaranto cortadas en julianas).
- 250 ml de aceite vegetal. Se usará para freír los sopes.

Infusión de hojas de amaranto

- Agua purificada.
- Olla.
- Hojas de amaranto secas.
- Un limón o naranja dulce.
- Azúcar/endulzante al gusto.
- Hielos.
- Goteros.
- Hojas de papel bond.
- Servilletas o papel toalla.
- Diario científico.



Desarrollo

Para hacer sopes con quelites y germinado

PARA LA EXTRACCIÓN DEL COLORANTE

1. Calentar agua en una olla pequeña y añadir las hojas de amaranto.
2. Mantener caliente hasta tener el extracto.

PARA LOS SOPES

1. Mezclar la masa de maíz con la harina de amaranto hasta obtener la consistencia deseada.
2. Añadir unas gotas del colorante que se obtuvo de las hojas.
3. Sazonar al gusto.
4. Dividir la masa en bolitas del mismo tamaño.
5. Calentar un sartén o comal.

6. Aplastar con la tortillera la bolita y colocarla en el comal o sartén.
7. Cocer ambos lados por 1 minuto e ir pellizcando las orillas.
8. Opcionalmente añadir el germinado y queso. Servir.

Para hacer la infusión

1. Calentar agua en una olla pequeña y añadir las hojas de amaranto secas.
2. Retirar y dejar enfriar un momento.
3. Agregar gotas de limón o naranja, endulzar al gusto y acompañar con hielos.
4. Invitar a las y los alumnos a explorar con un poco de la tintura para ver qué pasa en el papel: ¿se puede pintar con ella?, ¿qué pasa si usas diferente tipo de papel?, ¿cómo reacciona la tintura a los diferentes tipos de papel?
5. Invitar a las y los alumnos a registrar con fotos, a lo largo de la actividad, los pasos de la receta, así como a escribir la misma para futuras referencias.

Nota



- Tiempo de elaboración: 45 min.
- Cantidades aproximadas para 20 personas.
- Utiliza la estufa bajo la supervisión de una persona adulta para evitar accidentes.
- Puedes variar los ingredientes e ir combinando diferentes sabores para descubrir nuevas recetas.



Lo que debes saber



Las betalaínas son pigmentos hidrosolubles derivados del ácido betalámico (**Figura 4**; Marañón-Ruíz et al., 2011) que se acumulan en las vacuolas de las células y son exclusivas de ciertas familias del orden Caryophyllales (Sadowska-Bartosz & Bartosz, 2021). Estos pigmentos brindan una coloración roja o púrpura.

Aspectos saludables que se atribuyen al amaranto. Es excelente fuente de proteínas, aminoácidos esenciales y ácidos grasos insaturados, por lo tanto, posee funciones antioxidantes, antihipertensivas, antitumorales, antidiabéticas, entre muchos otros (Espitia, 2012).

El amaranto es una planta que posee gran potencial gracias a su versatilidad en su incorporación a diferentes productos alimenticios, como la capacidad del uso de sus hojas en harinas, quintoniles, colorantes y forrajes, manteniendo la alta calidad de sus nutrientes.

Dado el uso de gran parte de la planta, abre paso a la adopción de dietas sostenibles que satisfacen las necesidades de la población, evitando el desperdicio, participando en los sistemas alimentarios y mejorando la seguridad alimentaria reduciendo el impacto ambiental y beneficiando la salud de los mismos (Bastian et al., 2021).

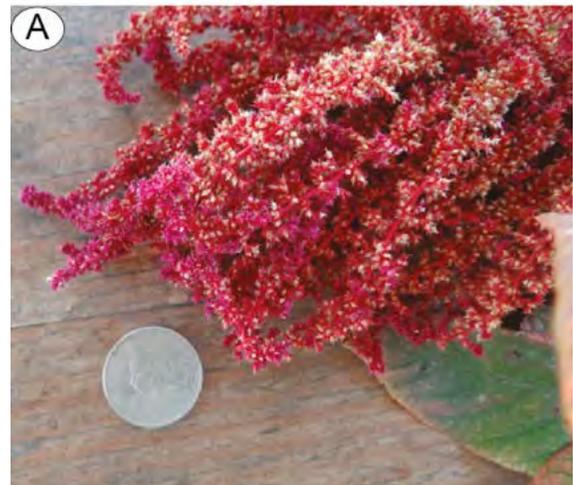


Figura 4. Colorantes naturales: A) inflorescencias de color rojo de amaranto, B) extracción de colorantes rojos llamados betalaínas (Imagen A: Ivonne Sánchez, 2023; Imagen B: Roger Sulub, 2023).

Para concluir

Es posible llevar una dieta saludable y sana integrando los diferentes alimentos. El color de las plantas se usa para pigmentar alimentos, textiles o cosméticos, entre otros, y es natural, el cual se debe a algunos químicos llamados betalaínas y es único en el grupo de estas plantas.

Es importante conocer las diferentes propiedades que puede poseer una planta para que puedan ser aprovechadas, sin dejar de lado la gastronomía de nuestra cultura mexicana y la calidad nutricional de las preparaciones.



Actividad 4. Semillas que revientan



Pregunta de investigación

¿Por qué revientan las semillas de amaranto?



Objetivo

Aprender de las propiedades de la semilla del amaranto que les permite tener un reventado parecido a las palomitas de maíz.



Lista de materiales

Para la preparación de «alegrías» con chocolate

- 500 g de semillas de amaranto.
- Olla pequeña.
- Estufa.
- 250 g de chocolate en barra (amargo/semiamargo).
- Recipiente.
- Horno de microondas.
- 50 g de chocolate en polvo.
- 3 cucharadas de mantequilla.
- Capacillos pequeños.
- Charola.
- Espátula.
- 4 cucharas de metal.



Desarrollo

1. Verter las semillas de amaranto en una olla a fuego bajo y dejar reventar.
2. Una vez reventadas, separar y dejar enfriar.

3. Agregar el chocolate en un recipiente y derretir en el horno microondas.
4. Integrar el amaranto y el chocolate derretido poco a poco.
5. Formar bolitas de chocolate con amaranto y chocolate en polvo y dejar enfriar en capacillos o una charola. **Consejo:** utiliza un poco de mantequilla en tus manos para manipular las bolitas de chocolate más fácilmente.



Nota

- Tiempo de proceso: 30 minutos.
- Las y los alumnos deberán registrar con fotos tomadas a lo largo de la actividad, los pasos de la receta, así como a escribir la misma para futuras referencias.
- Las y los alumnos pueden utilizar palomitas de maíz y hacer el ejercicio de preguntarse sobre otros elementos que contengan grandes cantidades de almidón, como por ejemplo la papa, el plátano, e investigar por qué estos no tienen las propiedades del reventado. ¿Qué es lo que sucede químicamente?



Lo que debes saber

El amaranto es una planta mayormente conocida por su uso en alimentos dulces como alegrías, obleas, granolas, barras, aceites o palanquetas. Adicionalmente, cuenta con un alto valor nutricional en sus granos.

¿Sabías que la forma más común de consumir amaranto es cuando generalmente se le somete al tradicional reventado? Es una actividad que las y los productores de las famosas alegrías realizan de manera tradicional en un comal de barro puesto a fuego bajo y que con una escobetilla mueven las semillas para evitar que se quemen.

¿Cómo es que revientan las semillas de amaranto? Es importante que sepas que la semilla tiene una cubierta que se llama pericarpio, dentro tiene al embrión que será la futura plantita por crecer y también tiene nutrientes ubicados en el centro de la semilla llamado perispermo, el cual contiene principalmente almidón.

El calor de la superficie o aire caliente causa la vaporización del agua contenida en la matriz del almidón; el vapor caliente llena los poros de los gránulos de almidón, incrementando la temperatura y presión interna de la semilla, lo que disuelve y provoca una ruptura del pericarpio. De esta manera, se expanden los poros de los gránulos de almidón (del

tamaño y estructura de estos depende la capacidad y condiciones de reventado del grano). El perispermo cambia su estado a burbujeante y posteriormente a solidificado mediante la vaporización de agua terminando en una estructura esponjosa (Morales et al., 2014).

Te recomendamos ver los siguientes videos que, aunque son referidos a la semilla del maíz, también pueden ser útiles para explicar lo que sucede en el interior de las semillas de amaranto al ser reventadas con calor:

Disruptiva Media

«La ciencia detrás de... las palomitas de maíz»

<https://www.youtube.com/watch?v=psl-wA-NfGAA>

Mi Señal

«¿Por qué explotan las palomitas? - Profesor Web (Territorio Mágico)»

<https://www.youtube.com/watch?v=Vli-u36XkUTg>

Buenazo!

«El secreto del pop corn explicado por la ciencia»

<https://www.youtube.com/watch?v=XtHu1EdCc2M>



Para concluir

Las semillas de amaranto son muy diminutas y, dependiendo del color (negras o blancas; **Figura 5**), unas tienen un gran valor de proteínas crudas, lípidos, fibras y almidón. También diferente morfología y en esta diminuta unidad se desarrolla una gran fuente de nutrición sana. Dependiendo del reventado de las semillas, por su color podrá determinar cuál de ellas tienen más almidón.

Figura 5. Semillas y productos a base de semillas de amaranto: A) semillas blancas, B) semillas negras, C) dulces con semillas de amaranto (Imágenes: Ivonne Sánchez, 2023).



Actividad 5. Ciencia que divulga sus hallazgos a la sociedad



Pregunta de investigación

¿Por qué es importante divulgar tus hallazgos?



Objetivo

Incentivar el ingenio de las y los participantes para que logren la difusión de sus hallazgos sobre las propiedades, características, historia o algún otro aspecto del amaranto mediante infografías, cómics, videos Tik-Tok, YouTube, podcast, etc.



Lista de materiales

- Computadora.
- Cámara de celular o algún otro dispositivo fotográfico.
- Fotos, dibujos y representaciones que se hayan generado a lo largo del taller.



Desarrollo

Las y los alumnos tomarán imágenes desde el primer día de las actividades de todo lo que consideren necesario para crear un bosquejo de trabajo y, posteriormente, usarlo para desarrollar un gráfico, un dibujo (**Figuras 6 y 7**), o un video.



Figura 6. Dibujo de Amarantina (personaje creado y derivado de una inflorescencia de amaranto) dibujándose a ella misma (Ilustración: Allison Téllez, 2023).

Utilizando los recursos tecnológicos disponibles, las y los alumnos crearán al menos dos productos de divulgación final, los cuales deberán de contar con un lenguaje claro y accesible, estar diseñado y dirigido a un grupo de edad específico; en caso de ser un video, debe de ser corto, no mayor a 2 minutos.

Las y los alumnos podrán crear un producto que pueda responder a preguntas como: ¿por qué es importante que otros conozcan sobre esta planta?, ¿por qué es valiosa esta planta?, ¿qué hallazgo tuviste que quisieras que otros conozcan también?

Las y los alumnos pueden hacer uso de su imaginación para agregar fantasía y creatividad a los temas científicos para hacerlos más atractivos para los niños y niñas más pequeños; se puede utilizar como referencia el personaje que Allison (la creadora del personaje Amarantina) creó (**Figura 7**) con base a la planta de amaranto para diversificar las ideas de un producto final.



Figura 7. Elementos para generar una ilustración: A) inflorescencia de amaranto, B-C) bocetos para la generación de un personaje, basado en la inflorescencia del amaranto (Imagen A: Ivonne Sánchez, 2023; Ilustración B-C: Allison Téllez, 2023).



Lo que debes saber

¿Sabías que los informes científicos y de divulgación hacen uso de imágenes fotográficas tomadas en el momento exacto? Así, se muestran de manera gráfica y eficaz los resultados de las investigaciones: el correcto orden y elaboración de las imágenes impacta más que mil palabras.

¿Tenías idea de que el uso de la computadora y del programa adecuado son la llave para difundir los resultados en las redes sociales y lograr que estos alcancen a un público más general y no solo a la comunidad científica?

Anímate a crear, imaginar e idear la mejor forma de comunicar tus resultados dependiendo del público al que lo diriges.

Para concluir

Las y los participantes pueden comprender que la ciencia es una actividad social, ya que las y los científicos deben transmitir sus hallazgos a la sociedad. Por ello, comunicar los hallazgos de un tema científico requiere de pericia e ingenio para transmitirlo al público en general o a segmentos específicos.



CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO

El amaranto es una planta reconocida a nivel mundial por sus beneficios nutricionales, que ha sido empleada en nuestro país desde épocas prehispánicas hasta la actualidad. Tuvo un valioso papel en rituales religiosos por ser comestible y ornamental (por sus colores y formas).

Aunque en varias regiones del país reconocen su valor alimenticio y lo incluyen en su dieta, en otras aún es desconocida a pesar del potencial de su cultivo, sobre todo de especies nativas silvestres. Nuestro interés es difundir las propiedades nutritivas del amaranto e incentivar su conocimiento, así como sus potenciales alimenticios y medicinales mediante su difusión a la sociedad en general.



SOBRE LAS AUTORAS Y AUTORES

La **Dra. Ivonne Sánchez del Pino** se tituló como bióloga en la UNAM, donde también realizó su maestría. Su doctorado lo realizó en The City University of New York. Desde su servicio social (a la edad de 19 años) se ha dedicado al mismo grupo de plantas. La Dra. Sánchez del Pino ha dirigido tesis de estudiantes de licenciatura y posgrado, a la par que continúa con sus investigaciones sobre el amaranto que difunde mediante artículos científicos y de divulgación.

El **Dr. Andrés Xingú López** es ingeniero agrónomo fitotecnista por la Universidad Autónoma del Estado de México, donde igualmente cursó su maestría y doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales en la línea de Mejoramiento Genético y Sanidad Vegetal; desarrolló un gran interés por los cultivos subutilizados con gran potencial y considerados supercultivos del futuro. Actualmente desarrolla investigaciones con el pseudocereal conocido como amaranto.

El **L. T. Antonio Iván Solís Nava** es egresado de la licenciatura en Turismo de la Universidad Autónoma de Zacatecas, especializándose en el sector gastronómico y, posteriormente, en la docencia de idiomas por medio de la gastronomía. Cuenta con más de 10 años de experiencia frente a grupo en niveles de educación básica y medio-superior.

Jhoana Rodríguez es estudiante de la licenciatura de Nutrición en la Universidad Anáhuac Mayab. Ha participado en investigación de la harina de semilla del ramón, así como en concursos de carteles de investigación de la misma línea.

Allison Jazmín Téllez Sánchez es estudiante de segundo año de preparatoria del TecMilenio, campus de Mérida, Yucatán. Ella es la joven artista que creó los dibujos de Amarantina, inspirada en la inflorescencia de los amarantos. Su área de interés es el diseño gráfico.



GLOSARIO

Alegría de amaranto: dulce mexicano que consiste en una barra de amaranto tostado mezclado con miel de abeja, jarabe de azúcar o piloncillo.

Agronomía: conjunto de conocimientos científicos y tecnológicos que rigen la práctica de la agricultura, para producir alimentos y materias primas útiles al ser humano.

Betalaina: es un metabolito secundario nitrogenado de las plantas que actúa como pigmento rojo y amarillo.

Botánica: es una rama de la Biología que estudia las plantas.

Dehiscencia: apertura de manera natural de un fruto o una antera para liberar la semilla o el polen.

Germinación: es el proceso mediante el cual el embrión de una semilla se convierte en una planta pasando por un desarrollo gradual, llevado a cabo cuando el embrión se hincha y la cubierta de la semilla se rompe.



Germinados: son alimentos vivos de cierta planta con pocos días de desarrollo, con excelente valor nutricional que se mantiene hasta el momento de su consumo.

Planta: organismo vivo que crece fijado al suelo y se nutre de las sales minerales que se absorben por las raíces o por los poros de las hojas.

Sustrato: medio sólido e inerte que protege, da soporte y puede ser el medio para nutrir a la planta y donde generalmente se desarrolla la raíz.

Trasplante: en la agricultura es la acción que consiste en mover una planta o ponerla en el lugar donde va a completar su ciclo fisiológico.

Sope: comida mexicana que consiste en una tortilla gruesa y ancha pellizcada por las orillas para formarle bordes y frita en manteca.

Xtes: es la palabra en maya que hace referencia al amaranto, sinónimo de *huautli* para los aztecas y *kiwicha* por los incas.



REFERENCIAS

- Asociación Mexicana del Amaranto (AMA) (2010). *Centro de Información al Consumidor de Amaranto*. <http://www.amaranto.com.mx/>
- Bastian, G. E., Buro, D., & Palmer-Keenan, D. M. (2021). Recommendations for Integrating Evidence-Based, Sustainable Diet Information into Nutrition Education. *Nutrients*, 13(11), 4170. <https://doi.org/10.3390/nu13114170>
- Espitia, E. (Ed.). (2012). *Amaranto: Ciencia y Tecnología*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Mejoramiento Genético de Cereales (Amaranto, Avena y Trigo).
- Hernández, L. P., & Cruz, E. S. (2021). *Betalainas: pigmentos y colores*. Instituto de Ecología. <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-25/ct-menu-item-27/17-ciencia-hoy/1432-betalainas-pigmentos-y-colores>
- Mapes, C., Basurto, F., & Bye, R. (1997). Ethnobotany of quintonil: Knowledge, use and management of edible greens *Amaranthus* Spp. (Amaranthaceae) In the Sierra Norte de Puebla, México. *Economic Botany*, 51, 293-306. <https://doi.org/10.1007/BF02862099>
- Marañón-Ruiz, V. F., Rizo de la Torre, L. del C., & Chiu-Zárate, R. (2011). Caracterización de las propiedades ópticas de Betacianinas y Betaxantinas por espectroscopía Uv-Vis y barrido en Z. *Superficies y Vacío*, 24(4), 113-120. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94221480002>
- Matías, L. G., Hernández, H. B. R., Peña, C. V., Torres, L. N. G., Espinoza, M. V., & Ramírez, P. L. (2018). Usos actuales y potenciales del Amaranto (*Amaranthus* spp.). *JONNPR*, 3(6), 423-436. <https://doi.org/10.19230/jonnpr.2410>
- Morales Guerrero, J. M., Vázquez Mata, N., & Bressani Castignoli, R. (2014). *El amaranto características y aporte nutricional*. Editorial Trillas.
- Montoya-González, A., Cerón-García, A., Gómez-Salazar, J. A., Sosa-Morales, M. E., & Ozuna, C. (2017). Inducción de compuestos bioactivos en germinados de amaranto mediante el uso de tratamientos de electroinducción. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 2, 449-454. <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume2/3/9/74.pdf>
- Sadowska-Bartosz, I., & Bartosz, G. (2021). Biological properties and applications of betalains. *Molecules*, 26, 2520. <https://doi.org/10.3390/molecules26092520>