



Descubriendo mi Talento

4



Ciencia y Tecnología

Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación



D. R. 2026. *Descubriendo mi Talento 4*, Miguel Gibrán Román Canto, Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C.

Esta obra debe citarse de la siguiente forma:

Román Canto, M. G. (Comp). (2026). *Descubriendo mi Talento 4*. Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C.

En el caso de capítulos:

Apellidos de autor(es), Iniciales de autor(es) del capítulo. (2026). Título del capítulo. En M. G. Román Canto (Comp.), *Descubriendo mi Talento 4* (1.a 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.

Integrante del Sistema Nacional de Centros Públicos de Investigación.

ISBN: 978-607-7823-65-0

Primera edición: agosto de 2026.

Coordinador editorial: Julio César Domínguez Orta.

Cuidado editorial: Miguel Gibrán Román Canto.

Diseño editorial: Norma Marmolejo Quintero.

Hecho en México.



Descubriendo mi Talento 4



Ciencia y Tecnología

Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación





Comité organizador Talento CICY 2024

Dra. Liliana M. Alzate Gaviria
[Directora de Planeación y Gestión \(CICY\)](#)

L. C. C. Erika Gabriela Cano León

L. C. C. Julio César Domínguez Orta

I. I. A. Wilma Aracely González Kantún

Ing. Cinthia Mariana Madera González

L. D. P. Norma Marmolejo Quintero

L. C. C. Miguel Gibrán Román Canto

Dr. Gilver Rosero Chasoy

Dr. César de los Santos Briones

Dra. Rita del Rosario Sulub Sulub

Q. I. Tanit Toledano Thompson

L. D. G. Silvia Vergara Yoisura



Grupo Académico de Evaluación Externa

Dr. César Humerto Canché Collí
Posdoctorante
Centro de Investigación y Asistencia en
Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco

Dr. Luis Ignacio Hernández Chávez
Profesor Investigador
Instituto Tecnológico Superior de Felipe
Carrillo Puerto

Dra. Christine Elizabeth McCoy Cador
Profesora Investigadora
Universidad del Caribe

Dr. Javier Adrián Morales Morales
Asistente de investigación
CICY

Dr. Andrés Iván Oliva Aviles
Profesor Investigador
Universidad Anáhuac Mayab

Dr. Elizabeth de la Luz Ortiz Vázquez
Coordinadora de Posgrado
Instituto Tecnológico de Mérida

Dr. Emilio Pérez Pacheco
Profesor Investigador
Instituto Tecnológico Superior de Calkiní

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

Dr. María del Carmen Silverio Gómez
Profesora Investigadora
Instituto Nacional de Investigaciones Fo-
restales, Agrícolas y Pecuarias



Autores y autoras

I. Q. I. Silvia Beatriz Andrade Canto
M. C. Jewel Nicole Anna Todd
Dra. Emma Gabriela Antonio Marcos
M. C. José Martín Baas López
Q. B. A. Ileana Borges Argáez
Dra. Rocío de Lourdes Borges Argáez
Dra. Blondy Beatriz Canto Canché
Q. B. B. Mirbella del Rosario Cáceres Farfán
Biól. Lilia Emma Carrillo Sánchez
C. D. Gerardo Alfonso Castillo Gamboa
pIB. Fátima Yazmín Castro Kinil
Dr. José Manuel Cervantes Uc
Ing. Alfredo Dorantes Euan
M. C. Enrique Escobedo Hernández
I. B. Lucy Beatriz Fuentes Sánchez
pB. Maritza Galván Ramos
pIB. José María García Cortés

Dra. Paola Navid García Hernández
M. C. José Rufino Gómez Tah
Dra. María Inés Granados Alegría
Q. F. B. Rosa Grijalva Arango
M. C. Miguel Ángel Herrera Alamillo
Dr. Ignacio Islas Flores
Biól. Verónica Limones Briones
Dra. Mónica Arely Lucio García
Dr. Gaspar Eduardo Martín Pat
Q. I. Irma Leticia Medina Baizabal
M. C. María Verónica Moreno Chulim
Dra. Nayeli Rodríguez Fuentes
M. C. José de los Ángeles Rodríguez Laviada
Dr. Gilver Rosero Chasoy
M. C. Lucila Aurelia Sánchez Cach
Dr. César de los Santos Briones
M. C. Miguel Alonso Tzec Simá



Contenido

9 Prólogo

10 **Preparatoria**

12 **1P**
**Biopolímeros
 y medicina ancestral
 para el cuidado de heridas**
 pB. Maritza Galván Ramos
 I. B. Lucy Beatriz Fuentes Sánchez
 Dra. Emma Gabriela Antonio Marcos
 Dr. José Manuel Cervantes Uc
 Dra. Nayeli Rodríguez Fuentes

43 **3P**
**Dulcificando cicatrices:
 el uso de la miel
 para el cuidado de las heridas**
 Dr. Gaspar Eduardo Martín Pat
 pIB. Fátima Yazmín Castro Kinil
 C. D. Gerardo Alfonso Castillo Gamboa
 pIB. José María García Cortés
 Dra. Nayeli Rodríguez Fuentes

29 **2P**
**Descubriendo
 un hongo come insectos
 por medio de su ADN**
 M. C. Miguel Alonso Tzec Simá
 Dra. María Inés Granados Alegría
 Dr. Ignacio Islas Flores

59 **4P**
**Purifica y observa cristales
 con un microscopio óptico**
 M. C. María Verónica Moreno Chulim
 I. Q. I. Silvia Beatriz Andrade Canto
 M. C. José de los Ángeles Rodríguez
 Laviada



67 Secundaria

68 1S
Atrapando los colores de la naturaleza
 Dra. Rocío de Lourdes Borges Argáez

84 2S
Los inquilinos de seis patas en los jardines
 Biól. Lilia Emma Carrillo Sánchez
 Biól. Verónica Limones Briones
 Ing. Alfredo Dorantes Euan

95 3S
Ponte las pilas y generemos hidrógeno
 M. C. José Martín Baas López
 M. C. Enrique Escobedo Hernández
 Dr. Gilver Rosero Chasoy
 Dra. Mónica Arely Lucio García
 Dra. Paola Navid García Hernández

110 4S
Proteínas: luces, cámara y ¡acción!
 Dr. César de los Santos Briones
 Dra. Blondy Beatriz Canto Canché
 M. C. José Rufino Gómez Tah
 M. C. Jewel Nicole Anna Todd

120 5S
Secretos del ADN: tras las pistas de nuestra herencia
 M. C. Miguel Ángel Herrera Alamillo
 Q. B. A. Ileana Borges Argáez

131 6S
Viaje a las estructuras del color
 Q. I. Irma Leticia Medina Baizabal
 M. C. Lucila Aurelia Sánchez Cach
 Q. F. B. Rosa Grijalva Arango
 Q. B. B. Mirbella del Rosario Cáceres Farfán



Prólogo

Descubriendo mi Talento 4

En el Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY) sostenemos una convicción profunda: la ciencia no solo se aprende, se vive; no solo se transmite, se comparte y se multiplica.

Desde sus primeras ediciones, **Descubriendo mi Talento** ha sido una invitación abierta para que niñas, niños y jóvenes se acerquen al conocimiento científico de manera accesible, curiosa y significativa. Hoy, este libro representa un paso decisivo: llevar esa experiencia más allá de los espacios físicos y ponerla en manos de quienes, desde el aula, tienen la capacidad de transformar realidades: las y los docentes de nuestro país.

Esta obra ha sido concebida como una herramienta pedagógica que favorece a la enseñanza de la ciencia desde un enfoque práctico, creativo e interdisciplinario, en sintonía con las áreas STEAM. Su formato digital amplía su alcance y permite que más comunidades, sin importar su ubicación, accedan a contenidos diseñados para despertar vocaciones científicas y fortalecer el pensamiento crítico.

Estamos convencidos de que el talento existe en todas partes. Lo que con frecuencia hace falta son las oportunidades, los estímulos adecuados y el acompañamiento oportuno para descubrirlo y desarrollarlo. En este proceso, las y los docentes son aliados fundamentales: siembran la curiosidad, impulsan la exploración y acompañan a las nuevas generaciones en la construcción de sus capacidades.

Este esfuerzo se fortalece a través de iniciativas institucionales como el proyecto de divulgación comunitaria titulado «**Programa Talento CICY Comunitario: modalidad Ruta de la Ciencia y Docentes en Yucatán, Quintana Roo y Guerrero, para el impulso a las vocaciones científicas y el acceso universal al conocimiento**» (Clave 2025-372), financiado por la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (Secihti), que busca consolidar un modelo de acercamiento social al conocimiento basado en la participación, la inclusión y la pertinencia territorial. Con ello, reafirmamos nuestro compromiso de llevar la ciencia a más espacios, dialogar con las comunidades y construir, de manera conjunta, respuestas a los desafíos de nuestro tiempo.

La ciencia es una herramienta esencial para comprender y transformar nuestro entorno. Ante los retos globales —ambientales, sociales y tecnológicos— necesitamos más mentes curiosas, más pensamiento crítico y más personas dispuestas a imaginar y crear soluciones. Este libro es, en esencia, una invitación a formar parte de ese camino.

A las y los docentes que lo hacen suyo: gracias por su vocación y compromiso con la formación de nuevas generaciones.

A las y los estudiantes que lo descubren: permítanse preguntar, experimentar y explorar sin límites.



Porque en cada pregunta habita una posibilidad y en cada talento descubierto, una oportunidad para construir un mejor futuro.

Desde el CICY, como Centro Público de Investigación integrado al Sistema Nacional de Centros Públicos de la Secihti, refrendamos nuestra responsabilidad de contribuir al fortalecimiento de la educación científica, al desa-

rrrollo de capacidades en nuestra sociedad y a la construcción de un país más justo, sostenible y basado en el conocimiento.

Dra. Maira Rubi Segura Campos

Directora General
Centro de Investigación
Científica de Yucatán, A. C.

Este libro es producto del programa de fomento a las vocaciones científicas Talento CICY 2024, del Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C., un Centro Público de Investigación de la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (Secihti).



Preparatoria





1P

Biopolímeros y medicina ancestral para el cuidado de heridas

pB. Maritza Galván Ramos

I. B. Lucy Beatriz Fuentes Sánchez

Dra. Emma Gabriela Antonio Marcos

Dr. José Manuel Cervantes Uc

Dra. Nayeli Rodríguez Fuentes

Unidad de Materiales (Laboratorio de Biomateriales)

Descripción

Las y los participantes aprenderán sobre la utilización de **biopolímeros** y reconocerán el uso de la **medicina ancestral** basada en extractos vegetales, como el mucílago de **nopal** y la sábila, para el cuidado de heridas dérmicas.

Objetivo general

Elaborar materiales basados en biopolímeros naturales como la colágena y elementos de la medicina ancestral, como el **mucílago** de nopal y la sábila, para el cuidado de heridas dérmicas.



Materias afines

- Biología
- Física
- Química
- Impacto de la ciencia y la tecnología

¿Qué vas a aprender?

- Biopolímeros
- Medicina ancestral
- La piel
- Mucílago de nopal en el cuidado de la piel
- Sábila en el cuidado de heridas dérmicas

Pregunta inicial

¿Pueden los elementos de la medicina ancestral, como el mucílago de nopal y la sábila, combinarse con biopolímeros naturales como la colágena para formar materiales destinados al cuidado de heridas?



PANORAMA GENERAL DEL TEMA

La medicina ancestral, también conocida como medicina tradicional, «es la suma de los conocimientos, habilidades y prácticas basadas en las teorías, creencias y experiencias indígenas de diferentes culturas, explicables o no, que se utilizan para el mantenimiento de la salud y la prevención, el diagnóstico, la mejora o el tratamiento de enfermedades físicas y mentales» (OMS, 2024; Salud, 2024). Dentro de las contribuciones más populares de la medicina ancestral destacan la utilización de la corteza del sauce, que dio paso al descubrimiento de la aspirina, y el uso de la artemisinina para el control de la malaria, galardonada con el Premio Nobel de Medicina en 2015, entre otros (Cournoyea, 2013; Gamboa Vilela, 2016; Salud, 2024).

Durante siglos, la medicina ancestral ha sido un recurso integral para la salud humana, especialmente en zonas remotas y rurales, donde actualmente sigue siendo la primera y/o única opción para el bienestar de la población, puesto que supone una atención accesible y aceptable culturalmente. No obstante, muchos países industrializados (el 80% de los Estados Miembros de la OMS) utilizan actualmente alguna forma de

medicina ancestral, debido principalmente a la predilección por una atención médica más compasiva y personalizada por parte de las y los pacientes; sin embargo, la integración de la medicina ancestral en los sistemas de salud exige un enfoque científico, con la finalidad de establecer su eficacia y seguridad (Salud, 2024). En este sentido, los avances científicos, así como la aplicación de nuevas tecnologías en la salud, pueden potenciar la medicina ancestral. Un ejemplo de ello es la liberación de fármacos y diversos activos biológicos ancestrales mediante **andamios poliméricos**, los cuales son materiales tridimensionales, porosos y sólidos, constituidos por polímeros naturales y/o sintéticos, cuya función principal es aportar una matriz temporal para la proliferación celular, a la vez que liberan activos biológicos (Quijano Mendoza et al., 2021).

La colágena es un biopolímero que interviene en diversos procesos biológicos; es considerada la proteína estructural de la matriz extracelular más abundante en los seres vivos y desempeña un papel clave en el proceso de **cicatrización** de heridas (Kallis & Friedman, 2018).



Dentro de los activos biológicos ancestrales derivados de plantas destacan el gel de *Aloe vera* y el mucílago. El **gel de aloe** se obtiene exclusivamente de la fracción mucilagínosa del parénquima o pulpa de las hojas de la sábila (*Aloe barbadensis*), mientras que el mucílago de nopal se extrae de raíces, cladodios, flores y frutos de las plantas del género *Opuntia*. Ambos compuestos son considerados **hidrocoloides**, debido a su capacidad de retener grandes cantidades de agua, formando así geles al ser dispersados en líquidos. Desde épocas prehistóricas, varias especies del género *Opuntia* y *Aloe barbadensis* han sido utilizadas por la humanidad como fuentes de alimentos y con diversos usos medicinales; actualmente, también son empleadas como nutraceuticos, activos funcionales e industriales.

En particular, tanto el gel de aloe como el mucílago de nopal son ampliamente utilizados por la medicina ancestral para el cuidado de heridas dérmicas, debido a su efecto antiinflamatorio, cicatrizante y **antioxidante** (López Luengo et al., 2023; Velázquez-López et al., 2022) (**Figura 1**).



Figura 1. Medicina ancestral. La medicina china conserva, en su práctica médica actual, elementos de la medicina ancestral (Imagen: Rodríguez-Fuentes Nayeli, 2024, creada en <https://designer.microsoft.com/>).



PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

Este proyecto fue creado para promover la revalorización del uso de elementos de la medicina ancestral, como el mucílago de nopal y la sábila.

Para tal efecto, se diseñaron actividades experimentales que permitirán reflexionar sobre la sinergia entre elementos modernos y ancestrales en beneficio del cuidado de heridas dérmicas (**Figura 2**).

Figura 2. Elementos de la medicina ancestral para el cuidado de la piel (Imagen: Rodríguez-Fuentes Nayeli, 2024, creada en <https://designer.microsoft.com/>).





DESARROLLO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



Actividad 1. Piel de reina (elaboración de crema a base de gel de *Aloe vera* y **cera de abeja**)



Objetivo de la actividad

Desarrollar una crema a base de gel de aloe y cera de abeja para su uso en la curación de heridas en la piel.



Lo que debes saber

La piel humana, la cual se constituye de tres capas principales (epidermis, dermis e hipodermis), ¡cubre una superficie de casi 25 m²! (Figura 3).

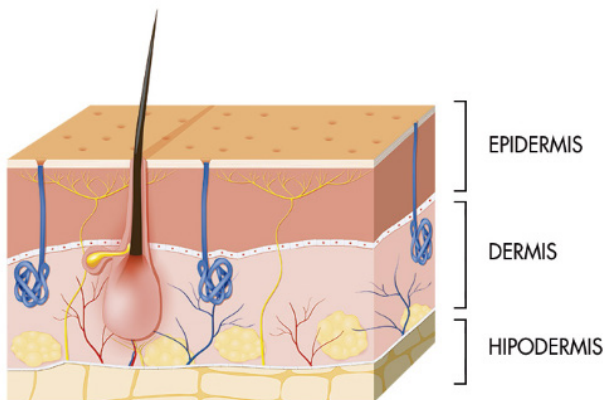


Figura 3. Estructura de la piel humana (Imagen: Rodríguez-Fuentes Nayeli, 2024).

Cada año se registran 124 mil lesiones no fatales en México; muchas de ellas son quemaduras domésticas por fuentes de calor o productos químicos (Figura 4).

El aceite de oliva se ha utilizado para tratar quemaduras debido a sus propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y antimicrobianas (Sánchez-Rodríguez & Mesa, 2018).



Figura 4. Quemaduras domésticas. La imagen muestra una quemadura doméstica ocasionada por lavar con cloro hirviendo sin guantes; obsérvese la pérdida de la epidermis en las puntas de los dedos (Imagen: Rodríguez-Fuentes Joselyn, 2024).

La sábila es considerada la reina de las plantas, debido a que su reinado incluye usos culinarios, cosméticos, agrícolas y médicos. (Calderón Oliver, et al., 2012; Guzmán Maldonado, et al., 2017; López Luengo, 2004).

Para producir 1 kg de cera de abeja, las abejas emplean aproximadamente 8 kg de miel (Vit, 2005) (Figura 5).



Figura 5. Estructura de la cera de abeja. De izquierda a derecha: 1) imagen de las abejas produciendo la cera (creada en <https://designer.microsoft.com/>), 2) vista macroscópica de la cera de abeja tomada con la cámara de un celular, y 3) microestructura de la cera bajo el microscopio con un aumento 4x (Imagen: Fuentes-Sánchez Lucy B., 2024).



Aprende más sobre la producción de la cera de abeja a través del siguiente video:

Cómo se produce la cera de abeja
Apibees

<https://youtu.be/4LnZ-9qX2dA?si=Ks3P3R2PPB-rNSAH>



Lista de materiales

- Penca de *Aloe vera* de 25 cm de largo (sábila)
- 100 ml de agua potable
- Recipiente de plástico de 200 ml (para remojar la penca)
- 200 ml de agua bebible
- Cuchillo
- Cuchara de madera o plástico
- Licuadora o mortero
- Vaso de precipitado o recipiente de 250 ml
- Parrilla de calentamiento o estufa
- 10 g de cera de abeja
- 50 g aceite de oliva
- 2 vasos de precipitados o recipientes de vidrio de 100 ml
- Refrigerador
- Recipiente de almacenaje final



Figura 6. Materiales necesarios para la Actividad 1
(Imagen: Fuentes-Sánchez Lucy B., 2024).



Desarrollo

1. Corta una penca de *Aloe vera* y retira los restos de tierra o polvo con agua potable.
2. Añade 200 ml de agua bebible en un recipiente de vidrio.
3. Coloca la penca dentro del recipiente de vidrio.
4. Deja reposar la penca en el agua por 24 h para eliminar la aloína.
5. Saca la penca del recipiente y retira los bordes de la penca con un cuchillo y descártalos.
6. Parte la penca de manera transversal para exponer el gel.
7. Recupera el gel del aloe con una cuchara.
8. Licúa el gel hasta su homogeneización.
9. Calienta a **baño María** un recipiente con 10 g de cera de abeja y 50 g de aceite de oliva.
10. Agita la mezcla con una cuchara hasta que se disuelva la cera.
11. Deja enfriar a temperatura ambiente (25 °C) por 10 min.
12. Añade 50 ml del gel de aloe (preferentemente a temperatura ambiente).
13. Mezcla hasta homogenizar la solución.
14. Con ayuda de la cuchara, vierte la mezcla en su recipiente final de vidrio.
15. Refrigera por 18 h o durante toda la noche.

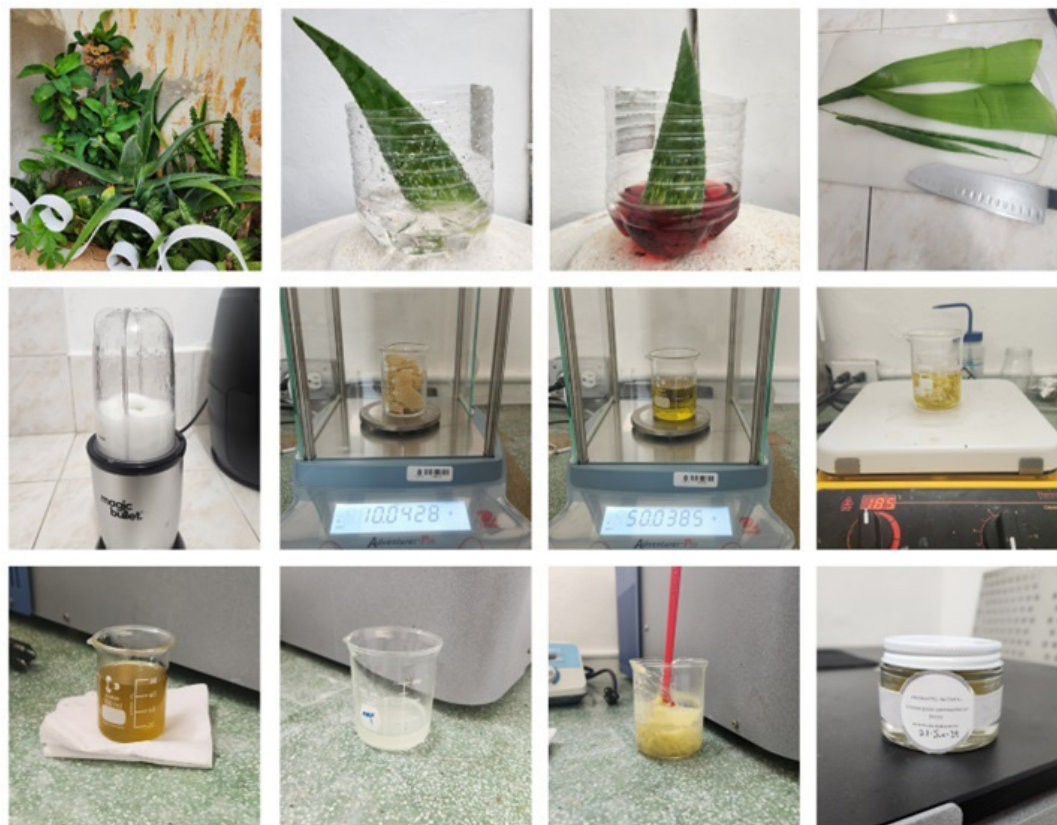


Figura 7. Etapas metodológicas de la Actividad 1 (Imagen: Fuentes-Sánchez Lucy B., 2024).

Notas



- Evita que la cuchara permanezca demasiado tiempo en la mezcla caliente.
- Asegura que los recipientes y utensilios estén limpios y secos antes de su uso.
- La aloína es un líquido amarillo irritante; evita el contacto con la piel.
- La manipulación de la cera de abeja, el aceite caliente y el etanol, requiere de la supervisión de una persona adulta.
- La crema elaborada es un modelo didáctico de apósito con potencial de aplicación; no constituye un producto médico certificado ni reemplaza. Su uso en heri-

das debe realizarse únicamente bajo la supervisión de personal especializado.

- No olvides colocar la fecha de elaboración de la crema; a continuación, se muestra un ejemplo de etiqueta (**Figura 8**).



Figura 8. Etiqueta de la crema para quemaduras leves (Imagen: Fuentes-Sánchez Lucy B., 2024).



Refuerza tus conocimientos

Para retar los conocimientos adquiridos durante el desarrollo de esta actividad, resuelve la siguiente actividad.

Instrucciones: relaciona el concepto de la columna de la izquierda con la definición correcta de la columna de la derecha.

CONCEPTO	DEFINICIÓN
Medicina regenerativa	Materiales tridimensionales cuya función principal es aportar una matriz temporal para la proliferación celular, a la vez que liberan activos biológicos.
Andamio polimérico	Proceso de reparación y regeneración del tejido tras una lesión.
Quemadura	Rama médica que busca reparar y/o reemplazar tejidos y órganos dañados.
Cicatrización	Lesión del tejido causada por calor, radiación, productos químicos o electricidad.
Propiedades antioxidantes	Aceite de alta calidad obtenido del olivo sin tratamiento químico, rico en vitaminas E y K.
Aceite de oliva	Características de ciertos compuestos que neutralizan radicales libres y previenen daños celulares.

Para concluir

Durante la realización de esta actividad, se logró obtener una crema que representa un modelo didáctico de apósito con potencial de aplicación; no constituye un producto médico certificado ni reemplaza tratamientos especializados. Su uso en heridas debe realizarse únicamente bajo la supervisión de personal especializado.



Actividad 2. Extracción **artesanal** y **técnica** del mucílago de nopal



Objetivo de la actividad

Conoce los métodos artesanales y técnicos para la obtención de un elemento de la medicina ancestral: el mucílago de nopal.



Lo que debes saber

Debido a sus propiedades nutritivas, químicas, industriales, ecológicas, medicinales y simbólicas, entre otras, el nopal es uno de los recursos vegetales más importantes para México (Torres-Ponce, et al., 2015) (**Figura 9**).

El mucílago de nopal (baba de nopal), es un hidrocoloide capaz de formar películas que tienen la propiedad de retener agua y de contener por mucho más tiempo los materiales humectantes (Torres-Ponce, et al., 2015).

Existen mucílago neutros y ácidos; los primeros, se componen principalmente de manosa con galactosa y/o glucosa, y se encuentran en las semillas. Los mucílago ácidos son heterogéneos y difíciles de clasificar químicamente, y se encuentran principalmente en algas rojas y pardas y plantas como *Aloe vera* (Das, et al., 2021).

Aprende más sobre la baba del nopal a través del siguiente video:

Baba de nopal, efectiva para la piel y en medicamentos
UNAM Global TV

<https://www.youtube.com/watch?v=p9hmOOHFZmY>

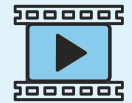


Figura 9. El nopal: planta medicinal de uso ancestral, con sus flores y frutos (Imagen: Rodríguez-Fuentes Nayeli, 2024, creada en <https://designer.microsoft.com/>).



Lista de materiales

- 180 g de nopal
- 500 ml de agua potable
- Tabla para picar
- Cuchillo
- Licuadora
- Filtros de café
- 160 ml de etanol al 96%
- Frasco de vidrio o vaso de precipitado a 500 ml
- Caja de Petri de vidrio 100 mm x 15 mm
- Pinzas de metal
- Centrifuga
- Probeta de 50 ml
- Espátulas o cuchara de metal
- Tubos cónicos de 50 ml
- Bomba de vacío
- Liofilizadora
- Ultracongelador



Figura 10. Materiales necesarios para la Actividad 2 (Imagen: Galván-Ramos Maritza, 2024).



Desarrollo

Extracción artesanal de mucílago de nopal (Figura 11)

1. Lava el nopal con agua potable.
2. Corta los nopales en cubos pequeños (aprox. 2×2 cm).
3. Licúa los nopales cortados por 5 min.
4. Separa la parte sólida de la líquida mediante la **filtración** del licuado de nopal, haciéndolo pasar por el filtro de café.
5. Desecha la fibra del nopal que se quedó en el filtro.
6. Recupera el líquido que pasó el filtro (aproximadamente 40 ml).
7. Agrega 80 ml de etanol al 96% al mucílago recuperado (líquido que pasó el filtro).



Figura 11. Etapas metodológicas de la extracción artesanal del mucílago de nopal (Imagen: Galván-Ramos Maritza, 2024).



8. Separa la parte sólida (mucílago) de la líquida (etanol) mediante filtración, haciéndolo pasar por otro filtro de café.
9. Recupera la fase sólida que se verá como una goma.
10. Seca la goma en una caja Petri a temperatura ambiente (25 °C) y bajo el sol durante 18 h o toda la noche.

Extracción técnica de mucílago de nopal (Figura 12)

Nota



Ante de iniciar, te recordamos que el uso de la centrífuga y el ultracongelador requieren capacitación y supervisión por personal con conocimientos avanzados.

1. Licúa el nopal con base al desarrollo artesanal en la licuadora.
2. Pon en tubos cónicos de 50 ml el licuado de nopal.
3. Centrifuga por 10 min a 5000 rpm a 5 °C, en una centrífuga.
4. Recupera el sobrenadante de la centrifugación ubicado en la parte líquida superior de los tubos cónicos (aprox. 80 ml).
5. Mezcla el mucílago (80 ml) con el etanol al 96% (160 ml).
6. Refrigera (4 °C) por 12 h la mezcla del mucílago en etanol.
7. Filtra la mezcla mucílago-etanol con una bomba de vacío utilizando un filtro de 0.45 µm.



Figura 12. Etapas metodológicas de la extracción técnica del mucílago de nopal (Imagen: Galván-Ramos Maritza, 2024).



8. Desecha la parte que atravesó el filtro (parte líquida) y conservar la parte gomosa que retuvo el filtro (parte sólida).
9. Congela la parte gomosa en un ultracongelador a -70°C durante 24 h o toda la noche.
10. Seca el mucílago por **liofilización** durante 4 días.



Refuerza tus conocimientos

Para retar los conocimientos adquiridos durante el desarrollo de esta actividad, puedes jugar a la lotería de los materiales de laboratorio y elementos utilizados en esta actividad que puedes descargar en el siguiente enlace: https://drive.google.com/drive/folders/1U6_0QagwWt1GQ-d5rIDz5BzWW0zkXBAQ?usp=share_link

Para concluir

Se logró obtener el mucílago de nopal, un elemento de la medicina ancestral. Además, se adquirieron conocimientos sobre dos métodos de obtención: el artesanal, que utiliza materiales comunes que se pueden encontrar con facilidad e incluso que utilizan elementos naturales como el sol, por lo que se pueden hacer en casa; por otro lado, se conoció el método técnico o industrial, el cual consistió en la utilización de equipos y materiales avanzados que solo se pueden encontrar en laboratorios y/o industrias.

Recuerda que los materiales desarrollados en el taller no constituyen productos médicos certificados ni reemplazan tratamientos profesionales.



Actividad 3. Curitas de nopal

(elaboración de apósitos a base de mucílago de nopal y colágena)



Objetivo de la actividad

Producir un apósito didáctico utilizando mucílago de nopal y colágena con aplicación potencial en el cuidado de heridas.



Lo que debes saber

Los **hidrogeles** son matrices poliméricas que se ha utilizado para evaluar la cicatrización de heridas (**Figura 13**).

Adicional a esto, se sabe que el mucílago de nopal regenera mucosa y tiene propiedades antioxidantes (Cruz-Macias, et al., 2022; Das, et al., 2021), lo que favorecería una disminución del radical óxido nítrico que se generan en la fase inflamatoria de la cicatrización de heridas (**Figura 14**).

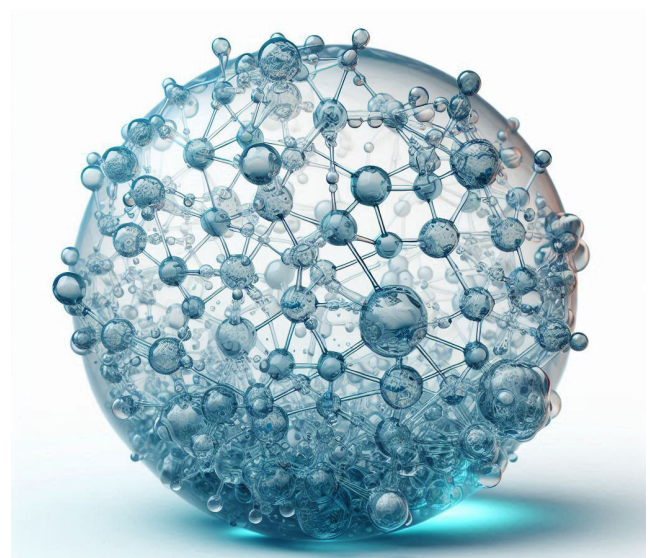


Figura 13. Representación esquemática de la estructura tridimensional de un hidrogel (Imagen: Rodríguez-Fuentes Nayeli, 2024, creada en <https://designer.microsoft.com/>).

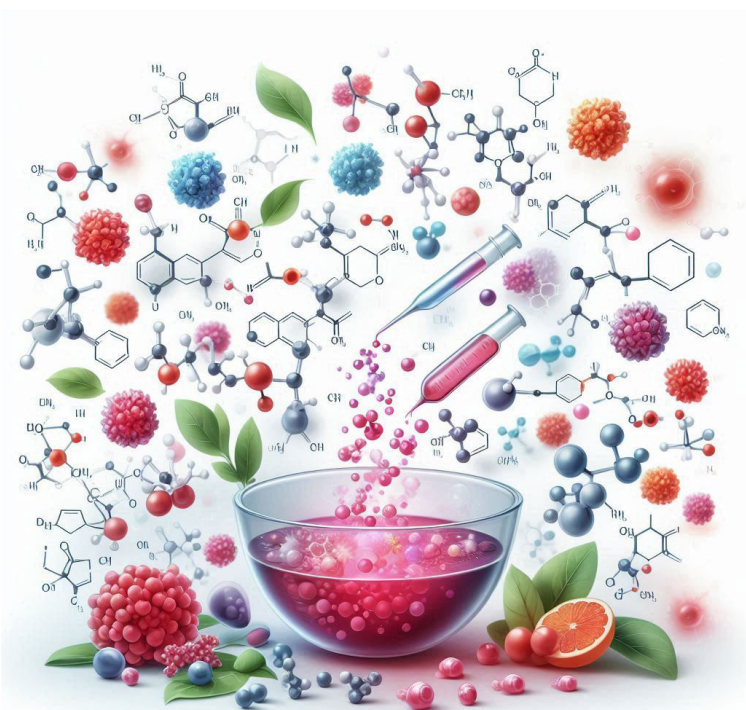


Figura 14. Antioxidantes. Diversos extractos de frutas y vegetales tienen la capacidad de neutralizar los radicales libres que se generan por el metabolismo celular (Imagen: Rodríguez-Fuentes Nayeli, 2024, creada en <https://designer.microsoft.com/>).



Lista de materiales

- Frasco de vidrio o vaso de precipitado de 50 ml
- Caja de Petri de vidrio de 35 mm × 12 mm
- Venda de 5 cm
- Gasa estéril de 5 × 5 cm
- 10 ml de agua destilada
- 1.12 g de grenetina en polvo (colágena)
- Pinzas de metal
- Termómetro
- Espátula o cuchara de metal
- Agitador magnético o cuchara de metal
- Parrilla de calentamiento o estufa

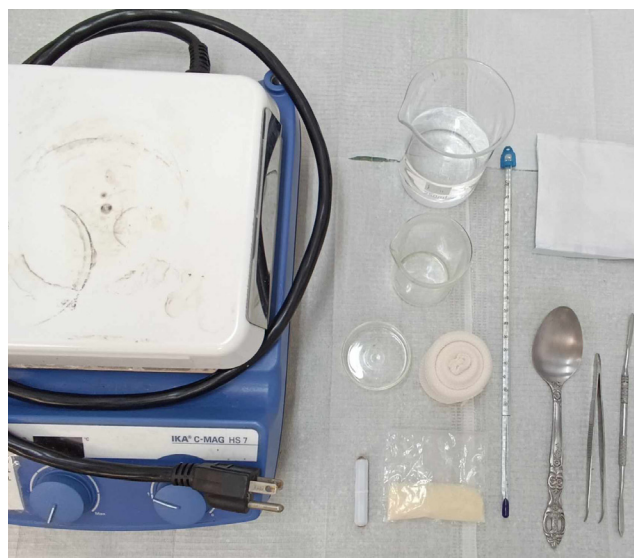


Figura 15. Materiales necesarios para la Actividad 3 (Imagen: Galván-Ramos Maritza, 2024).



Desarrollo

1. Calienta 10 ml de agua destilada en un vaso precipitado de 50 ml hasta alcanzar los 40 °C.
2. Añade 1.12 g de colágena (grenetina en polvo) y agita con el agitador magnético o con la cuchara hasta disolver por completo.
3. Añade 2 ml de mucílago o 0.112 g de mucílago en polvo (liofilizado).
4. Calienta la mezcla colágena-mucílago a 40 °C y agítala con el agitador magnético o cuchara en una parrilla o una estufa.
5. Vierte la mezcla en una caja Petri de 35 mm × 12 mm.
6. Enfría la mezcla a temperatura ambiente (25 °C) durante 2 h.
7. Registra la forma y consistencia de la mezcla y el color del material.
8. Corta el material en forma de curitas.

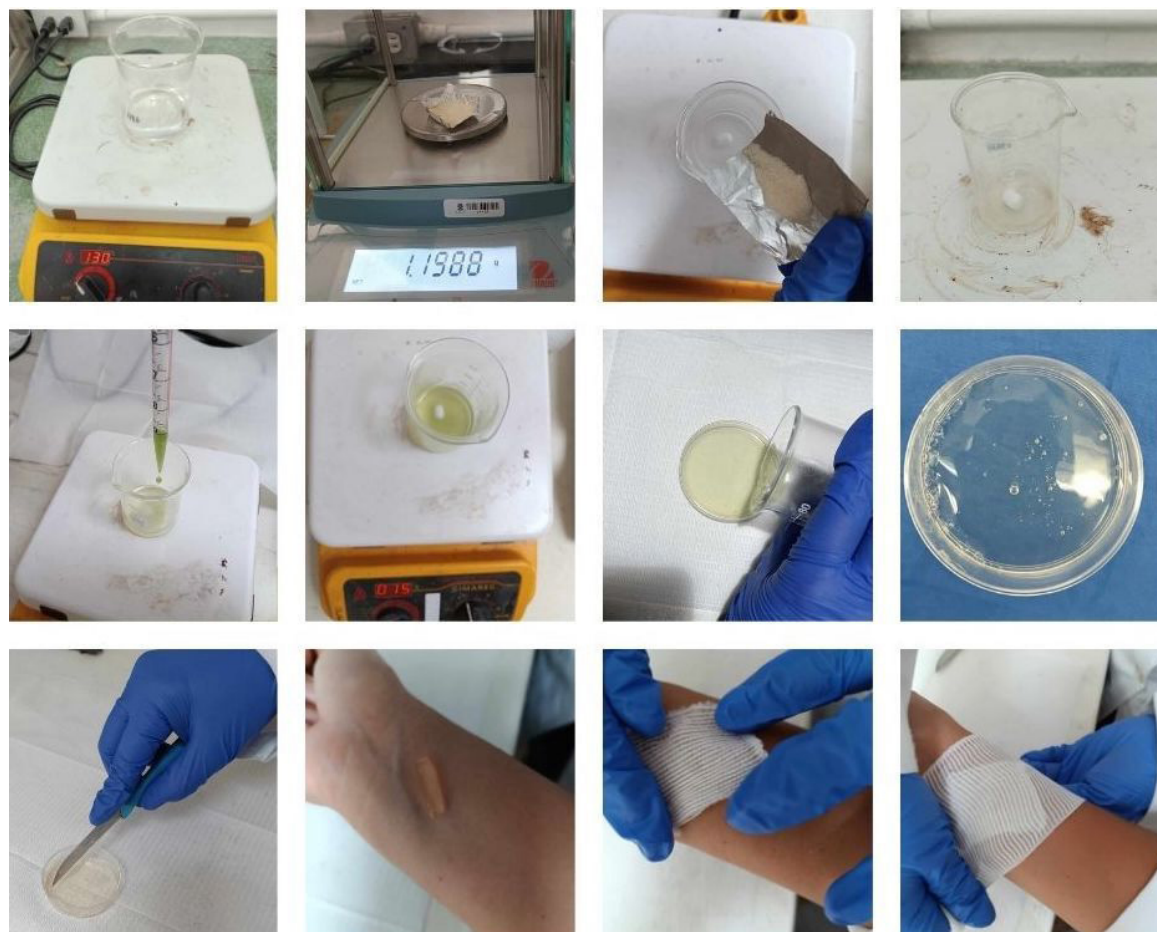


Figura 16. Etapas metodológicas de la elaboración de la curita de mucílago de nopal
(Imagen: Galván-Ramos Maritza, 2024).

Notas



- El mucílago se puede añadir a la colágena (grenetina en polvo) de dos maneras: 2 ml de mucílago antes de liofilizar no blanqueado o 0.112 g de mucílago liofilizado.
- Para la elaboración de las curitas de nopal, es mejor utilizar el mucílago en forma líquida, ya que el polvo purificado se disuelve escasamente en el agua con colágena (grenetina).
- El material elaborado representa un modelo didáctico de apósito con potencial de aplicación; no constituye un producto médico certificado ni reemplaza los tratamientos especializados. Su uso en heridas debe realizarse únicamente bajo la supervisión de personal especializado.



Refuerza tus conocimientos

Para retar los conocimientos adquiridos durante el desarrollo de esta actividad, resuelve la siguiente sopa de letras.

Instrucciones: encuentra las palabras escondidas en esta sopa de letras con base a la definición de cada una.

Cicatrización - Medicina - Herida - Mucílago - Ancestral - Nopal - Hidrogel - Andamio - Piel

T B O E Q U M N P J B T H L N Z V M T U
X R E M O C J Q W E G X H E R I D A N I
F I H E Q R Z F L H V B C V N G L C Y W
J U E D G U F A O B Z F Y J S N Y E A U
B E N I Z I U V T Z X T R N O Y S G F A
L S P C P Z P C I C A T R I Z A C I Ó N
K G S I S I I W A K X S Q D L P H U S N
V I J N S Z E O P S O I L M S C F S Z O
Q T Q A H N W L D N X S M L Y Y Y B C P
I C S D F F U A N C E S T R A L Y T P A
W R V Y E G C Z Y E C W P V V Y S V W L
F P I C S B E H R S Q V Z P R G E D J F
M H I D R O G E L Q W X B I R W R I E Z
I U A Z I P H W U F B R L A S B P D E A
M F C V Y S C W K B K U P V N M B E U G
T D Q Í P Q E E R N H K M S Y D T W B S
Q T K D L C V Z K Q H Z G Q W U A U G G
N Y D N N A P Y W E V L Q W H P J M R K
R P U G D Q G O C M C B W V Y U S G I V
S B F A W Z P O H T Y C Y W C B I K E O

1. Es la reparación de una herida con tejido fibroso mediante un proceso dinámico y complejo que puede dividirse en cuatro fases: coagulación, inflamación, proliferación y remodelación tisular.
2. Es una lesión que rompe la piel, provocando la alteración de su estructura anatómica y funciones normales.

3. Es el órgano más grande del cuerpo humano y actúa como una importante barrera que protege al organismo del entorno externo.
4. Es una sustancia vegetal viscosa, de mayor o menor transparencia, coagulable al alcohol.
5. Es red tridimensional (3D), entrecruzado por enlaces físicos o químicos, que es capaz de absorber grandes cantidades de agua sin disolverse.
6. Es una planta que pertenece a la familia de las cactáceas. Su uso se remonta al periodo prehispánico y tiene distintos usos desde el gastronómico hasta el medicinal.
7. Es una matriz principalmente polimérica, biodegradable y bioabsorbible cuya función principal es servir de plataforma de anclaje para la adhesión de células y permitir así su crecimiento.
8. Es la ciencia de la salud dedicada a la prevención, diagnóstico, pronóstico y tratamiento de las enfermedades, lesiones y problemas de salud de los seres humanos.
9. Se refiere a todo aquello que se hereda de los antepasados o que proviene de tiempos remotos, generalmente refiriéndose a tradiciones, conocimientos, prácticas o técnicas transmitidas de generación en generación dentro de una cultura o comunidad específica.

Para concluir

Se logró obtener una curita didáctica a base de mucílago de nopal en forma de hidrogel.



CONCLUSIÓN GENERAL

La Declaración de Astaná de 2018, reconoce la necesidad de integrar los conocimientos y las tecnologías de la medicina ancestral en la prestación de atención primaria en la búsqueda de la salud para todos.

En México, la cera de abeja, el mucílago de nopal y la sábila son elementos ancestrales para el cuidado de heridas que pudiste conocer a través de este capítulo, así como los métodos artesanales y técnicas modernas para su extracción (Actividad 2).

La integración de la medicina ancestral y la medicina moderna requiere de un enfoque científico para asegurar la eficacia y seguridad de los tratamientos y siempre bajo la supervisión de especialistas como las y los dermatólogos, personal médico general y curanderos(as) tradicionales), quienes frecuentemente son la única fuente de atención de la salud en zonas vulnerables.



SOBRE LAS AUTORAS Y EL AUTOR

Maritza Galván Ramos es pasante de Biología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP). Sus prácticas profesionales y tesis de licenciatura las realizó con el proyecto titulado «Establecimiento del ensayo de cierre de herida *in vitro* e *in vivo* para hidrogeles diseñados para la ingeniería del tejido» en el CICY. Tiene interés en establecer ensayos de cierre de herida con hidrogeles diseñados para la ingeniería del tejido con base a plantas ancestrales de Puebla y Yucatán.

Lucy Beatriz Fuentes Sánchez es ingeniera en Biotecnología de la Facultad de Ingeniería Química de la UADY. Realizó su tesis en el Laboratorio Traslacional de Células Troncales de Origen Bucal estudiando el efecto de un hidrogel en cultivos celulares. De igual manera, estuvo en el CICY durante sus prácticas profesionales en donde evaluó la biocompatibilidad de películas de PLA con colágena. Le interesa la preservación de los conocimientos de las propiedades de ingredientes naturales para emplearlos en la medicina actual.

La **Dra. Emma G. Antonio Marcos** es investigadora posdoctoral (Secihti) adscrita al CICY. Tiene una maestría y doctorado en Biotecnología por la Universidad Autónoma Metropolitana. Su experiencia se enfoca en investigaciones sobre

elementos tradicionales de la Mixteca Oaxaqueña, como chiles endémicos, mucílago de nopal y cactáceas. Tiene interés en aplicar los compuestos bioactivos de plantas ancestrales de México y difundir estos conocimientos en las comunidades indígenas.

La **Dra. Nayeli Rodríguez Fuentes** es Investigadora por México (Secihti) adscrita al CICY. Su experiencia en la industria farmacéutica y en laboratorios de investigación, le permitieron desarrollar habilidades para la utilización de activos de la medicina ancestral para el cuidado de heridas. Es química farmacéutica bióloga por la UAM-X, con maestría, doctorado y posdoctorado por la UNAM en temas relacionados con el uso de biopolímeros con aplicaciones en el cuidado de heridas.

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.



GLOSARIO

Andamios poliméricos: materiales tridimensionales, porosos y sólidos, constituidos de polímeros naturales y/o sintéticos, cuya función principal es aportar una matriz temporal para la proliferación celular, a la vez que liberan activos biológicos.

Antioxidante: sustancia que evita la oxidación; la actividad antioxidante es la característica de ciertos compuestos que neutralizan radicales libres y previenen daños celulares.

Baño María: procedimiento mediante el cual se calienta el contenido de un recipiente colocándolo dentro de otro que contiene agua hirviendo.

Biopolímero: polímero que interviene en los procesos biológicos; p. ej., carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos.

Cera de abeja: compuesto inicialmente blanco y que luego se torna amarillo con el tiempo. Está compuesta por ésteres de alcoholes C24-C33 y ácidos grasos C18-C36, con un punto de fusión de 61-65 °C. Contiene también lactonas, flavonoides, alcoholes y ácidos libres, siendo liposoluble y disolviéndose en solventes orgánicos.

Cicatrización: proceso biológico mediante el cual los tejidos vivos reparan sus heridas; consta de 4 fases: la fase de coagulación, la inflamatoria, la proliferativa y la de remodelación.

Filtración: proceso de separación de partículas sólidas de un líquido utilizando un material poroso llamado filtro.

Gel de aloe: la masa gelatinosa e incolora obtenida del interior de las hojas del *Aloe vera*. Se compone principalmente de agua, mucílagos, carbohidratos, ácidos y sales orgánicas, y es utilizada en productos cosméticos y medicinales.

Hidrocoloide: sistema constituido por dos fases: una dispersa y una fase dispersante (agua). Posee capacidad de retener grandes cantidades de agua, formando así geles.

Hidrogel: material entrecruzado que es capaz de absorber grandes cantidades de agua sin disolverse.

Liofilización: proceso en el que una muestra completamente congelada se coloca al vacío para eliminar el agua u otros disolventes de la muestra, lo que permite que el hielo cambie directamente de sólido a vapor sin pasar por una fase líquida.

Medicina ancestral: es la suma de los conocimientos, habilidades y prácticas basadas en las teorías, creencias y experiencias indígenas de diferentes culturas, explicables o no, que se utilizan en el mantenimiento de la salud y la prevención, el diagnóstico, la mejora o el tratamiento de enfermedades físicas y mentales.

Método artesanal: conjunto de procedimientos para alcanzar un objetivo (en este caso la extracción de mucílago), utilizando elementos como el sol, aire, agua, fuego y materiales de fácil acceso.

Método técnico: conjunto de procedimientos para alcanzar un objetivo (en este caso la extracción de mucílago), utilizando equipos avanzados (en este caso, como la liofilizadora, el ultracongelador, la centrifuga, la licuadora, etc.).

Mucílago: sustancia vegetal viscosa, de mayor o menor transparencia, coagulable al alcohol.

Nopal: es una planta que pertenece a la familia de las cactáceas. Su uso se remonta al periodo prehispánico. Y tiene distintos usos desde el gastronómico hasta el medicinal.



REFERENCIAS

- Calderón Oliver, M., Quiñones Peña, M. A., & Pedraza Chaverri, J. (2013). Efectos benéficos del Aloe en la salud. *Vertientes. Revista Especializada en Ciencias de la Salud*, 14(2), 1-10. <https://www.revistas.unam.mx/index.php/vertientes/article/view/32927>
- Cournoyea, M. (2013). Ancestral assumptions and the clinical uncertainty of evolutionary medicine. *Perspect Biol Med*, 56(1), 36-52. <https://doi.org/10.1353/pbm.2013.0006>
- Cruz-Macias, F., Silos-Espino, H., Perales-Segovia, C., Gomez Leyva, J. F., & Cruz-Vázquez, A. (2022). Mucílago de nopal y su aplicación en propagación *in vitro* de *Ocimum basilicum* L. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 9(51), 98-107.
- Das, G., Lim, K. J., Tantengco, O. A. G., Carag, H. M., Goncalves, S., Romano, A.,... Patra, J. K. (2021). Cactus: Chemical, nutraceutical composition and potential bio-pharmacological properties. *Phytotherapy Research*, 35(3), 1248-1283. <https://doi.org/10.1002/ptr.6889>
- Domínguez-Fernández, R. N., Arzate-Vázquez, I., Chanona-Pérez, J. J., Welti-Chanes, J. S., Alvarado-González, J. S., Calderón-Domínguez, G.,... Gutiérrez-López, G. F. (2012). El gel de *Aloe vera*: estructura, composición química, procesamiento, actividad biológica e importancia en la industria farmacéutica y alimentaria. *Revista mexicana de ingeniería química*, 11(1), 23-43. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-27382012000100003&lng=es&tlng=es
- Gamboa Vilela, D. (2016). Artemisinina: un Producto de la Medicina Tradicional China. *Acta Hereditaria*, 57(1), 48-50.
- Guzmán Maldonado, S. H., Díaz Huacuz, R. S., & González Chavira, M. M. (2017). *Plantas medicinales: La realidad de una tradición ancestral*. SAGARPA. 1(5):1-23.
- Kallis, P. J., & Friedman, A. J. (2018). Collagen Powder in Wound Healing. *J Drugs Dermatol*, 17(4), 403-408.
- López Luengo, M. T. (2004). *Áloe vera: A Medicinal Plant Used in Skin Wound Healing*. *Offarm*. <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-aloe-vera-13067351>
- Luna-Zapién, E. A., Zegbe, J. A., Meza-Velázquez, J. A., & Minjares-Fuentes, R. (2023). Mucílago de nopal (*Opuntia* spp.) y su aplicación como aditivo alimentario: Una visión general. 46, 1, 51-61.
- Quijano Mendoza, J. L., Hernández-Sánchez, F., Cervantes-Uc, J. M., & Rodríguez-Fuentes, N. (2021). Andamios electrohilados de gelatina con potencial aplicación en ingeniería tisular dérmica. *BioTecnología*, 25(3), 37-53.
- OMS. (2024). *Medicina tradicional*. <https://www.who.int/es/news-room/questions-and-answers/item/traditional-medicine>
- Sánchez-Rodríguez, E., & Mesa, M. D. (2018). Compuestos bioactivos del aceite de oliva virgen. *Nutrición Clínica en Medicina*, 12(2), 80-94. doi:10.7400/NCM.2018.12.2.5064
- Torres-Ponce, R. L., Morales-Corral, D., Ballinas-Casarrubias, M. d. L., & Nevárez-Moorillón, G. V. (2015). El nopal: planta del semidesierto con aplicaciones en farmacia, alimentos y nutrición animal. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(5), 1129-1142. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342015000500018&lng=es&tlng=es
- Velázquez-López, A. A., García-Rojas, V., Tornero-Martínez, A., & Mora-Escobedo, R. (2022). *Aloe vera*: capacidad antioxidante y uso potencial como agente terapéutico en el tratamiento del Alzheimer mediante evaluación *in silico*. *CienciaUAT*, 18(2), 107-121. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v18i2.1803>
- Vit, P. (2005). Productos de la colmena secretados por las abejas: Cera de abejas, jalea real y veneno de abejas. *Revista del Instituto Nacional de Higiene Rafael Rangel*, 36, 35-42. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-04772005000100006&nrm=iso



2P

Descubriendo un hongo come insectos por medio de su ADN

M. C. Miguel Alonso Tzec Simá

Dra. María Inés Granados Alegría

Dr. Ignacio Islas Flores

Unidad de Biología Integrativa

Descripción

Las y los participantes conocerán las características de los **hongos entomopatógenos** (come insectos) y aprenderán la manera de aislarlos y cultivarlos mediante métodos caseros. Asimismo, por medio del análisis de la secuencia de **ADN** de un **hongo aislado**, conocerán los métodos utilizados en el laboratorio para descubrir la identidad del hongo come insectos.

Objetivo general

Identificar la especie de un hongo entomopatógeno por medio de la secuencia de su ADN.



Materias afines

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

¿Qué vas a aprender?

- Tipos de hongos y sus características.
- Interacción entre microorganismos (hongos-insectos).
- Extracción de ADN
- Uso de la secuencia de ADN para identificar especies de organismos.

Pregunta inicial

¿Cómo podemos descubrir la identidad de un hongo utilizando su ADN?



PANORAMA GENERAL DEL TEMA

En la naturaleza existe una gran diversidad de hongos, los cuales se clasifican en macroscópicos y microscópicos. Entre los hongos microscópicos se encuentran los entomopatógenos, que se especializan en atacar y matar insectos. Estos también son conocidos como come insectos y pueden regular poblaciones de insectos plaga, lo que los convierte en **bioinsecticidas** ecológicos (Padilla-González, et al., 2022) (**Figura 1**).

La identificación de las especies de hongos entomopatógenos es esencial para su uso efectivo en el **control biológico**, así como para comprender su ecología y evolución. Para su identificación en el laboratorio se emplean dos tipos principales de técnicas: morfológicas y moleculares (Padilla-González, et al., 2022).

La **identificación morfológica** se basa en la observación de las características físicas y estructurales de los hongos cultivados en medios específicos. Este método tradicional implica el uso de microscopios ópticos y electrónicos para examinar estructuras como esporas, hifas, conidióforos y cuerpos fructíferos, así como el color, la textura y el crecimiento de las colonias. Estas características

se comparan con descripciones contenidas en guías y claves taxonómicas, por lo que se requiere un conocimiento profundo por parte de la persona investigadora sobre las diferentes morfologías fúngicas (Humber, 2012).

Por su parte, la **identificación molecular** utiliza técnicas basadas en el análisis del ADN



Figura 1. Hongo entomopatógeno (come insecto) infectando a una hormiga (imagen tomada a 200x: Tzec-Simá, 2024).



del hongo, lo que permite una identificación más precisa y rápida. Este enfoque ha revolucionado la **micología**, ya que facilita la identificación de especies difíciles de distinguir mediante métodos morfológicos. Herramientas de biología molecular como la reacción en cadena de la polimerasa (**PCR**) y la **secuenciación** de ADN permiten obtener resultados confiables en menor tiempo.

La secuenciación de regiones específicas del ADN, como el espacio intergénico transcrito (**ITS**) o regiones de genes ribosomales (18S y 28S), permite la identificación a nivel de especie. Las secuencias obtenidas se comparan con bases de datos especializadas que contienen secuencias previamente registradas (Aniket y Omkar, 2025).

En general, la identificación molecular es más rápida y precisa que la morfológica, especialmente en especies con alta similitud estructural. No obstante, la identificación morfológica continúa siendo útil en estudios ecológicos y taxonómicos donde la forma y estructura del organismo son relevantes, mientras que la

identificación molecular resulta esencial en diagnósticos clínicos y estudios de biodiversidad genética.

En resumen, ambos métodos son fundamentales y con frecuencia se emplean de manera complementaria para lograr una identificación precisa y completa de los hongos. La integración de técnicas morfológicas y moleculares permite una mejor comprensión y clasificación de la diversidad fúngica.

En un proyecto anterior (ver Tzec-Simá et al., 2023) se aisló un hongo entomopatógeno con potencial bioinsecticida; sin embargo, dicho hongo aún no ha sido identificado a nivel de especie. Para estudiar y conocer sus propiedades bioinsecticidas es necesario determinar su identidad taxonómica, por lo que el objetivo de este proyecto es identificar molecularmente el hongo entomopatógeno. Las metodologías descritas en este manual son aplicables a la identificación de otros hongos en general y pueden realizarse de forma casera, aprovechando la tecnología informática actual y el uso de internet.



PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

En nuestro entorno existe una gran diversidad de hongos; entre ellos, los hongos entomopatógenos tienen cualidades bioinsecticidas. En un proyecto previo se aisló un hongo entomopatógeno; sin embargo, para aprovechar su potencial bioinsecticida es necesario identificar la especie de hongo de la que se trata. Por ello, en este proyecto cultivaremos el hongo

y extraeremos su ADN, el cual utilizaremos como una herramienta para descubrir la especie de este hongo.

Es importante señalar que se requiere la compañía de una persona adulta para la realización de las actividades que impliquen el uso de fuego o alguna sustancia nociva.



DESARROLLO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



Actividad 1. Generalidades sobre los hongos come insectos y las herramientas utilizadas para identificarlos.



Objetivo de la actividad

Contextualizar a las y los estudiantes sobre el tema de investigación y conocer la metodología a desarrollar.



Lista de materiales

- Material de lectura (Panorama general del capítulo, internet)
- Videos



Desarrollo

1. Lee con atención el Panorama general de este capítulo y consulta las referencias citadas al final.
2. Investiga acerca de los conceptos desconocidos.
3. Observa los videos recomendados.



Videos recomendados

Identificación de hongos usando secuencias ITS
Tópicos Nucleicos

<https://www.youtube.com/watch?v=bU-0QiF8oUPw>

Morfología de hongos
Grado 2 Med

https://www.youtube.com/watch?v=jR_feKvX2PE

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 que requerimos 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



Objetivo de la actividad

Preparar un medio de cultivo adecuado para el crecimiento de hongos.



Lista de materiales

- Alcohol al 70% o gel desinfectante
- Mechero de alcohol (o velas)
- ½ papa (100 g)
- Cuchillo
- ½ litro de agua
- Olla
- Estufa
- 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

1. Limpia la superficie del área de trabajo con alcohol al 70% o gel desinfectante.
2. Después, prende un mechero o una vela junto al medio de cultivo al momento de dosificar.
3. Corta media papa (100 g) en pedacitos.
4. Hierva la papa picada en medio litro de agua durante media hora hasta que esté blanda. Deja enfriar.
5. Filtra a través de una gasa o colador.
6. Completa el volumen con agua hasta 500 ml.
7. Agrega 7.5 g de azúcar y 9 g de agar o gelificante.
8. Hierva 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 15 min en agua hirviendo.
9. En condiciones asépticas, dosifica el medio preparado en los recipientes de cultivo y deja enfriar sin mover. El medio debe gelificar entre 15-30 minutos. Una vez gelificado, el medio está listo para usar; se puede usar y almacenar en refrigeración hasta un mes (**Figura 2**).

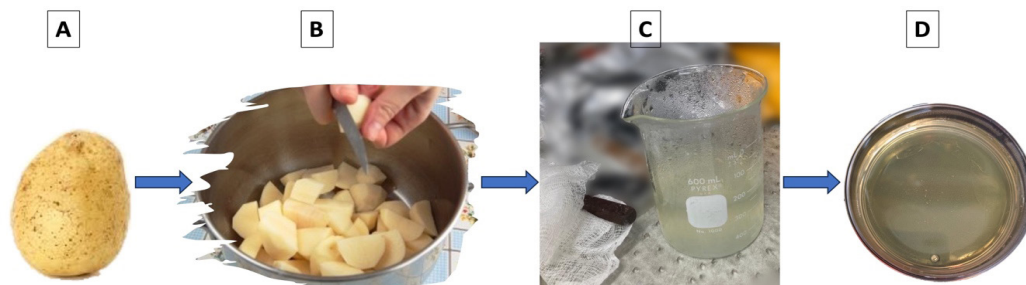


Figura 2. Preparación del medio PDA casero: A) papa normal, B) papa picada lista para hervir, C) papa hervida y filtrada, D) medio PDA. (Imagen: Tzecz-Simá, 2023).



Nota



- Para evitar contaminación con ADN de otros microorganismos, es importante mantener la **asepsia** en el área de trabajo, por ello, limpia las superficies del área de trabajo y tus manos con alcohol al 70% o gel desinfectante.
- Para evitar el crecimiento de microorganismos contaminantes es necesario esterilizar el medio de cultivo y los recipientes, hirviendo por 10-15 min.

Para concluir

En esta actividad conocimos los requerimientos nutricionales que necesitan los hongos para su crecimiento, por lo que, utilizando componentes comunes (papa, azúcar y agar), que aportan los elementos necesarios para cultivar nuestro hongo de interés, adquirimos las habilidades para elaborar un medio de cultivo llamado PDA (papa dextrosa agar). Este medio es ampliamente utilizado para el crecimiento de hongos en general.



Actividad 3. Cultivo de un hongo come insectos



Objetivo de la actividad

Cultivar *in vitro* un hongo come insectos.



Lista de materiales

- Hongo aislado de un insecto infectado (ver la Nota al final de esta actividad).
- Gel desinfectante o alcohol
- Pinzas de disección y cúter
- Mechero o vela
- Medio de cultivo (PDA)
- Película de plástico o cinta transparente
- Plumón



Desarrollo

1. Lávate las manos muy bien y con ayuda de gel desinfectante o alcohol, limpia el área de trabajo y herramientas a utilizar.
2. Prende el mechero de alcohol y esteriliza la punta del filo del cúter calentando en la flama del mechero o vela.
3. Después de enfriar el filo, corta una pequeña porción del hongo y deposítalo en la superficie del **medio PDA**.
4. Tapa el recipiente del medio PDA evitando que se abra (se puede sellar con alguna película de plástico o cinta adherente).
5. Etiqueta la caja con la descripción del contenido, nombre y fecha.
6. Incuba el recipiente de cultivo en un lugar fresco y seco durante 1-5 días.
7. Cuando se observe el crecimiento de algún hongo a partir del insecto, toma una pequeña porción de **micelio** (cuerpo del hongo parecido al algodón o telaraña) de la parte más distante y transfírelo a un nuevo recipiente con medio PDA para subcultivarlo (**Figura 3**).

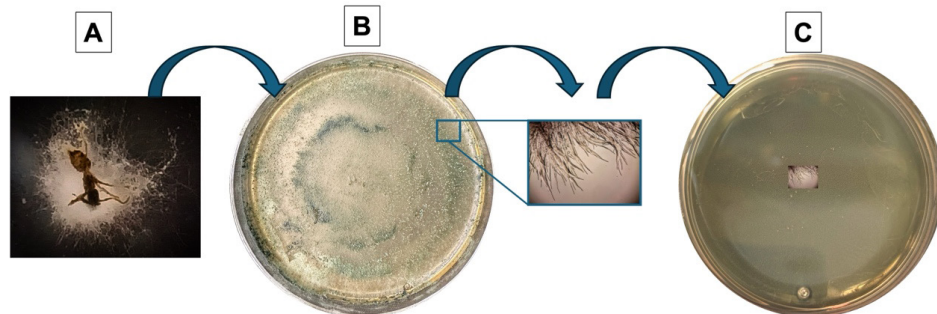


Figura 3. Aislamiento y subcultivo de un hongo entomopatógeno. A) Insecto cubierto con un hongo, B) crecimiento en un medio PDA, y C) subcultivo del hongo a un medio PDA nuevo.

Nota



Si deseas aislar un hongo entomopatógeno nuevo a partir de un insecto infectado, puedes realizarlo de la manera como se describió en un proyecto anterior (Tzec-Simá et al., 2023). Escanea el código QR para acceder al libro y consulta el capítulo 2.

Hongos vs. hormigas: elaboración de un bioinsecticida

Descubriendo mi Talento 2023



Para concluir

En esta actividad aprendimos a cultivar nuestro hongo de interés en un medio de cultivo adecuado, lo cual nos permitirá multiplicarlo y obtener suficiente tejido para la extracción de su ADN.



Actividad 4. Extracción casera de ADN de un hongo aislado



Objetivo de la actividad

Extraer ADN de un hongo aislado por un método casero.



Lista de materiales

- Vaso
- Agua destilada o mineral
- Sal común

- Bicarbonato de sodio
- Detergente líquido
- Hongo aislado
- Batidora o mortero
- Colador o gasa
- Recipientes o tubos transparentes
- Alcohol al 96 % frío
- Hielo
- Gotero



Desarrollo

1. Prepara la solución de **lisis**: en medio vaso de agua, mezcla una cucharadita de sal, tres cucharaditas de bicarbonato de sodio y dos cucharadas de detergente líquido. Mantén en frío (hielo).
2. Macera suficiente tejido del hongo aislado con una batidora o en un mortero, agregando un poco de agua fría.
3. Mezcla un volumen de la muestra maceada con dos volúmenes de la solución de lisis.
4. Agita durante dos minutos y deja reposar en frío.
5. Filtra la mezcla a través de un colador o gasa.
6. Transfiere a un recipiente o tubo transparente y agregar dos volúmenes de alcohol frío, dejando resbalar lentamente por la pared del recipiente.
7. Observarás el ADN como unos filamentos blancos en la interfase del agua-alcohol (**Figura 4**).
8. Recupera cuidadosamente el ADN con ayuda de un gotero y transfíerelo a un tubo limpio, evitando llevar demasiado líquido. Mantenlo en el congelador.

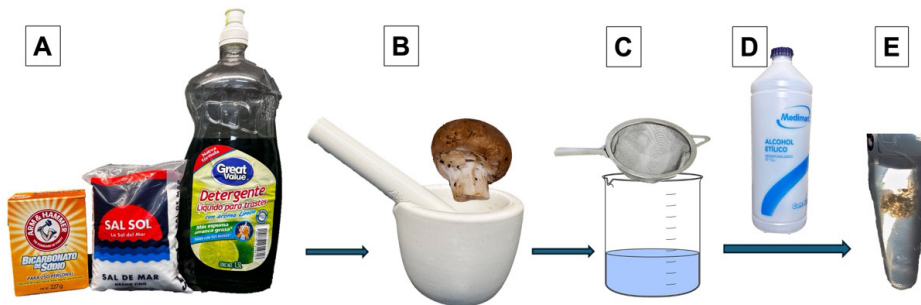


Figura 4. Extracción casera de ADN de un hongo. A) Ingredientes para solución de lisis, B) hongo macerado en presencia de solución de lisis, C) filtrado del macerado, D) adición de alcohol frío, y E) el ADN se observa como unos filamentos blancos-grisáceos.

Nota

Si deseas puedes observar el siguiente video como material de apoyo visual:



Extracción de ADN con material de cocina
Jesús A. G. Ochoa de Alda

https://www.youtube.com/watch?v=PkitFM_UVxk

Para concluir

Con ayuda de materiales comunes en la casa, pudimos extraer el ADN del hongo de interés, el cual utilizaremos para identificarlo.



Actividad 5. Preparación de muestras de ADN para secuenciar



Objetivo de la actividad

Preparar el ADN extraído para ser enviado a un instituto de secuenciación.



Lista de materiales

- Algodón limpio y estéril
- Jeringa pequeña
- ADN extraído
- Gotero
- Tubo transparente
- Etiquetas
- Guantes



Desarrollo

1. Empaqueta una pequeña bolita de algodón dentro de la jeringa.
2. Con ayuda de un gotero limpio, transfiere el ADN extraído dentro de la jeringa con algodón.
3. Inyecta (exprime) aproximadamente dos gotas del ADN a un tubo pequeño y etiquétalo de acuerdo con el formato de envío (ADN, iniciales) (**Figura 5**).
4. Previamente, es necesario contactar al proveedor que realizará el servicio para solicitar una cotización y los requisitos de la muestra. En este caso, elegimos al Laboratorio Nacional de Biotecnología Agrícola, Médica y Ambiental del Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica (IPICYT). Generalmente responden en

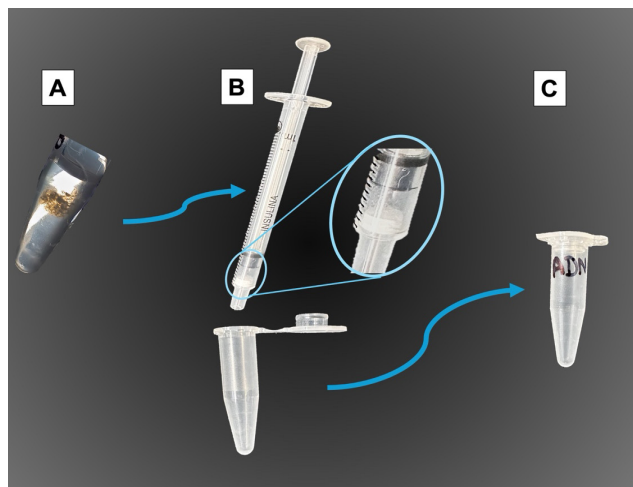


Figura 5. Purificación casera del ADN. A) ADN extraído, B) filtrado a través de una columna hecha con algodón empaquetado dentro de una jeringa (círculo amplificado), C) el ADN filtrado se recupera en un tubo nuevo y se etiqueta.

menos de 48 h y el costo por muestra es alrededor de \$150.00 MXN (atencion.lanbama@ipicyt.edu.mx).

5. Llena el formato del instituto donde se enviará a secuenciar (ej. <https://lanbama.ipicyt.edu.mx/Formato%20solicitud%20de%20Secuenciación.pdf>).
6. El tubo con el ADN etiquetado se envuelve protegiéndolo de posibles golpes (dentro de otro tubo o envuelto con un aislante de golpes) y se envía por mensajería.
7. Los resultados se reciben al cabo de aproximadamente una semana.



Nota



Es importante solicitar que el servicio de secuenciación se realice utilizando **oligonucleótidos** universales llamados ITS.

Existen diferentes institutos que ofrecen servicios de secuenciación (UNAM, CINVESTAV, IPICYT, MACROGEN, etc.), la recomendación es que sea nacional y confiable (ej. LAMBAMA-IPICYT). Para identificación molecular se utilizan ampliamente los oligonucleótidos universales ITS, mediante los cuales se pueden determinar las especies de hongos.

Para concluir

En esta actividad aprendimos a preparar la muestra de ADN para enviar a secuenciar, así como la manera y lugar donde se envían.



Actividad 6. Análisis de las secuencias de ADN para identificación del hongo



Objetivo de la actividad

Comparar la secuencia de ADN con secuencias depositadas en internet.



Lista de materiales

- Secuencia de ADN (obtenida de la actividad anterior)
- Computadora o dispositivo móvil
- Internet



Desarrollo

1. Desde una computadora o dispositivo con internet, accede al sitio web de la Biblioteca Nacional de Medicina (National Library of Medicine): https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi?PROGRAM=blastn&BLAST_SPEC=GeoBlast&PAGE_TYPE=BlastSearch.
2. Una vez en la página, pega en el recuadro superior la secuencia que nos enviaron de la actividad anterior (**Figura 6A**).
3. Presiona en el ícono que dice «**BLAST**» en la parte inferior de la página (**Figura 6B**).
4. Después de unos segundos, se desplegarán los resultados con los nombres científicos de las secuencias de hongos depositados en la base de datos; esto sucede porque presentaron mayor similitud al compararse con la secuencia del hongo que introducimos (ver **Figura 6C**).
5. La identidad del hongo será el nombre científico que aparece en los primeros de la lista, pues presenta el mayor porcentaje de identidad (en el ejemplo se trata de *Metarhizium anisopliae*, con el 100% de identidad).



A

```
TCTCCGTTGGTGAACACGCGGAGGGATCATTACCGAGTTATCCAACCTCCCAACCCCTGTGAATC
ATACCTTTAATTTGTTGCTTCGGCGGGAGCTTCGCGCCCGCGGGGACCCAAACCTCTGAATTTT
TTAATAAGTATCTCTGAGTGGTTAAAAAATGAATCAAACTTTCAACAACGGATCTCTTGGTTC
TGGCATCGATGAAGAACGCGAGCGAAATGCGATAAGTAAATGTGAATTCAGAAATTCAGTGAATCAT
CGAATCTTTGAACGCACATTGCGCCCGTCAGTATTCTGCGGGGATGCTGTTCGAGCGTCATT
ACGCCCTCAAGTCCCTGTGGACTTGGTGTGGGGATCGGCAGGGCTGGTTTCCAGCACAG
CCGTCCTTAAATTAATTGGCGGTCTCGCCGTGGCCCTCCTCTGCGCAGTAGTAAAGCACTCG
CAACAGGAGCCCGCGCGGTCCACTGCCGTAACCCCAACTTTTATAGTTGACCTCGAA
TCAGTAGGACT
```

B

Standard Nucleotide BLAST

blastn blastp blastx tblastn tblastx

BLASTn programs search nucleotide databases using a nucleotide query. more...

Reset page

Bookmark

Enter Query Sequence

Enter accession number(s), gi(s), or FASTA sequence(s) Clear

Query subrange

From

To

Or, upload file

Choose File No file chosen

Job Title

Enter a descriptive title for your BLAST search

☐ Align two or more sequences

Choose Search Set

Database

☒ Standard databases (nr etc.) ☐ rRNA/ITS databases ☐ Genomic + transcript databases

☐ Betacoronavirus ☐ Experimental databases

Nucleotide collection (nr/nt)

Organism

Optional

Enter organism name or id—completions will be suggested

☐ exclude Add organism

Enter organism common name, binomial, or tax id. Only 20 top taxa will be shown

Exclude

Optional

☐ Models (XM/XP) ☐ Uncultured/environmental sample sequences

Limit to

Optional

☐ Sequences from type material

Entrez Query

Optional

database

Enter an Entrez query to limit search

Program Selection

Optimize for

☒ Highly similar sequences (megablast)

☐ More dissimilar sequences (discontiguous megablast)

☐ Somewhat similar sequences (blastn)

Choose a BLAST algorithm

BLAST

Search database nt using Megablast (Optimize for highly similar sequences)

☐ Show results in a new window

+ Algorithm parameters

C

Description	Scientific Name	Max Score	Total Score	Query Cover	E value	Per. Ident	Acc. Len
Metarhizium sp. isolate 29AL small subunit ribosomal RNA gene, partial sequence: j...	Metarhizium...	970	970	100%	0.0	100.00%	553
Metarhizium anisopliae culture BCC<THA>:88173 small subunit ribosomal RNA gen...	Metarhizium...	970	970	100%	0.0	100.00%	554
Metarhizium anisopliae strain F-1 small subunit ribosomal RNA gene, partial sequen...	Metarhizium...	970	970	100%	0.0	100.00%	707
Metarhizium anisopliae isolate CPMa1502 small subunit ribosomal RNA gene, partia...	Metarhizium...	970	970	100%	0.0	100.00%	531
Metarhizium anisopliae strain VKMA007 small subunit ribosomal RNA gene, partial...	Metarhizium...	970	970	100%	0.0	100.00%	878
Metarhizium anisopliae strain M29 small subunit ribosomal RNA gene, partial seque...	Metarhizium...	970	970	100%	0.0	100.00%	554
Metarhizium anisopliae isolate 5B 18S ribosomal RNA gene, partial sequence: inter...	Metarhizium...	970	970	100%	0.0	100.00%	1667
Metarhizium anisopliae isolate DhMz3R 18S ribosomal RNA gene, partial sequence:...	Metarhizium...	970	970	100%	0.0	100.00%	563
Metarhizium anisopliae isolate ArMz4S 18S ribosomal RNA gene, partial sequence:...	Metarhizium...	970	970	100%	0.0	100.00%	562
Metarhizium anisopliae isolate ArMz2S 18S ribosomal RNA gene, partial sequence:...	Metarhizium...	970	970	100%	0.0	100.00%	559

Figura 6. Identificación de la especie de hongo por medio del análisis BLASTn de la secuencia de ADN. A) Secuencia a identificar del hongo de interés, B) página web (NCBI) que contiene una gran colección de base de datos de secuencias en la cual se realiza el «BLAST», y C) resultados de la identidad del hongo de interés.



Nota

Generalmente es necesario «limpiar» las secuencias con *softwares* especiales para lograr resultados más específicos; sin embargo, se requiere de mejores conocimientos de **bioinformática**.

Para concluir

En esta actividad, mediante la comparación de la secuencia del ADN de nuestro hongo de interés con la base de datos del banco de genes del NCBI, descubrimos la identidad del hongo come insectos.



CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO

En este proyecto aprendimos a extraer ADN mediante un método casero y a prepararlo para su secuenciación; a su vez, la secuencia de ADN nos permitió identificar, mediante métodos moleculares, la especie de nuestro

hongo come insectos de interés. La identificación de la especie nos permitirá estudiar las propiedades del hongo para desarrollar su potencial como bioinsecticida, con un mejor control biológico ecoamigable.



SOBRE LOS AUTORES Y LA AUTORA

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

La **Dra. 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). Realizó sus estudios de doctorado en Ciencias Biológicas en el CICY. Su gusto por

la ciencia empezó a partir de la curiosidad de resolver problemas de la vida cotidiana.

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

ADN: abreviatura de Acido Desoxirribonucleico, la molécula que contiene la información genética.

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.

Bioinformática: es un área de investigación que integra el estudio de la biología, la informática, las matemáticas y la estadística para analizar información biológica usando programas de computadora. Se usa para analizar grandes secuencias de ADN, ARN, proteínas e incluso genomas.

Bioinsecticida: es un producto de origen biológico que proviene de organismos naturales como bacterias, hongos y plantas. Su objetivo es matar o controlar insectos plaga sin afectar tanto al ambiente.

BLAST: por sus siglas en inglés, Basic Local Alignment Search, es una herramienta de bioinformática usada para comparar secuencias de ADN, ARN o proteínas con millones de secuencias almacenadas en bases de datos. Si se usa la secuencia de una región ITS de un hongo, se puede utilizar BLAST para compararla con una base de datos y descubrir a qué especie pertenece.

Control biológico: es una forma de controlar plagas usando organismos vivos o sus productos naturales. Se utiliza en la agricultura para combatir insectos, hongos, malezas y otras plagas, reduciendo el uso de pesticidas químicos y, por tanto, la contaminación ambiental.

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

Identificación molecular: es una técnica de laboratorio que utiliza herramientas para identificar un organismo utilizando su ADN.

ITS: son regiones del ADN llamadas espaciadores internos transcritos (por sus siglas en inglés: Internal Transcribed Spacer). Las secuencias de este ADN son muy útiles para identificar especies y, en micología, son consideradas como un «código de barras» genético.

Lisis: es la destrucción o ruptura de una célula. Esto ocurre cuando, por algún efecto químico o físico, la membrana celular se rompe y el contenido de la célula queda expuesto.

Identificación morfológica: es una técnica de laboratorio utilizada para identificar un organismo utilizando características visuales del cuerpo y/o colonia.

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.

Micología: proviene del griego *mykes*, que significa «hongo», y *logos*, que significa «estudio». Es la rama de la biología que estudia a los hongos, es decir, cómo viven, cómo se reproducen y cómo interactúan con otros seres vivos y el ambiente. Esto es importante para su control y aprovechamiento.



Oligonucleótidos: secuencias cortas de ADN utilizadas como iniciadores para multiplicar una secuencia de un gen de interés.

PCR: significa reacción en cadena de la polimerasa (por sus siglas del inglés: Polymerase Chain Reaction). Es una técnica de laboratorio que sirve para copiar millones de veces un fragmento de ADN y poder estudiarlo con facilidad. Esta se realiza mediante un equipo de laboratorio llamado termociclador.

Secuenciación: es el proceso que se realiza utilizando un equipo especializado para determinar el orden exacto de las bases nitrogenadas (secuencia) en una molécula de ADN o ARN. Las bases del ADN son: adenina (A), timina (T), citosina (C) y guanina (G). Ejemplo sencillo de una secuencia: ATGCCATGGCTAAATT.



REFERENCIAS

- Humber, R. A. (2012). Identification of entomopathogenic fungi. En *Manual of techniques in invertebrate pathology* (2.a ed., pp. 151–187). Academic Press.
- Marathe, A., & Yadav, O. (2025). DNA barcoding and molecular taxonomy: Principles and applications. En *Biodiversity: Emerging tools and challenges*. Olympick Publisher India. <https://doi.org/10.5281/zenodo.17580937>
- Padilla-González, A. L., Flores-Villegas, A. L., Jiménez-Santiago, B., Toriello, C., Bucio-Torres, M., Salazar-Schettino, P. M., Vences-Blanco, M. O., & Cabrera-Bravo, M. (2022). Chinchas besucos contra hongos come insectos: Una batalla biológica. *Desde el Herbario CICY*, 14, 144–148. http://www.cicy.mx/sitios/desde_herbario/
- Raja, H. A., Miller, A. N., Pearce, C. J., & Oberlies, N. H. (2017). Fungal identification using molecular tools: A primer for the natural products research community. *Journal of Natural Products*, 80(3), 756–770. <https://doi.org/10.1021/acs.jnatprod.6b01085>
- Tzec-Simá, M. A., Vivas-López, S., Granados-Alegría, M. I., & Islas-Flores, I. (2024). Hongos vs hormigas: Elaboración de un bioinsecticida. En E. I. España Gamboa & L. O. Polanco Vásquez (Comps.), *Descubriendo mi talento 2023* (1.ª ed., pp. 26–42). Centro de Investigación Científica de Yucatán, A. C.



3P

Dulcificando cicatrices: el uso de la miel para el cuidado de las heridas

Dr. Gaspar Eduardo Martín Pat

pIB. Fátima Yazmín Castro Kinil

C. D. Gerardo Alfonso Castillo Gamboa

pIB. José María García Cortés

Dra. Nayeli Rodríguez Fuentes

Unidad de Materiales (Laboratorio de Biomateriales)

Descripción

Las y los participantes conocerán las propiedades básicas de la miel y su uso ancestral para el cuidado de las heridas.

Objetivo general

Conocer las implicaciones actuales del uso de elementos de la medicina ancestral, como lo es la miel y su aprovechamiento en el cuidado de heridas dérmicas y bucales.



Materias afines

- Biología
- Física
- Química
- Impacto de la ciencia y la tecnología

¿Qué vas a aprender?

- Cicatrización de heridas
- Propiedades de la miel
- Cuidado de heridas
- Medicina ancestral

Pregunta inicial

¿La miel puede utilizarse para acelerar el proceso de cicatrización de heridas?



PANORAMA GENERAL DEL TEMA

La miel es un dulce natural producido por las abejas melíferas a partir del néctar de las plantas (solución acuosa de azúcares, aminoácidos, iones minerales y aceites esenciales que tiene una función muy importante en la ecología de las plantas), de secreciones de partes vivas de las plantas o de excreciones de insectos que se alimentan de las partes vivas de las plantas. Las abejas recolectan esta sustancia, la transforman mediante la combinación de sustancias específicas propias, la depositan, la deshidratan, la almacenan y la dejan en el panal para que madure y envejezca (Bradbear, 2004; Reyes-González, et al., 2014).

La composición de la miel es predominantemente a base de azúcares como la **fructosa** y la **glucosa**, además de ácidos orgánicos, **enzimas** y partículas sólidas derivadas de la cosecha de las abejas. Su color puede variar desde prácticamente incoloro hasta café oscuro, mientras que su consistencia abarca desde fluida hasta viscosa o cristalizada. El sabor y el aroma, por su parte, son características que dependen de la planta de origen, de la cual colecte la abeja (Bradbear, 2004).

Los beneficios de la miel se conocen desde hace miles de años, con evidencias de su uso medicinal ancestral que se remontan a 2500 años A. C. En Egipto, se usaba en el proceso

de embalsamamiento; en India, para regular el metabolismo y tratar infecciones; en la antigua Grecia, Hipócrates recomendaba la miel para tratar heridas; en China, se añadía al té para la gripe; y en las culturas prehispánicas de México, la miel de abejas meliponas se consumía para tratar problemas respiratorios y digestivos (Apostolidis et al., 2005; Chen et al., 2008; Evers, 1989). Los papiros de Ebers y Smith, que datan del 1500 A. C., recomendaban el uso de miel en el tratamiento de heridas (Schencke et al., 2016; Chen et al., 2008). También es notable que las prácticas tradicionales aún perduran en algunas familias mayas, quienes continúan produciendo miel con fines medicinales y ceremoniales (Pat-Fernández et al., 2018; Hammad, 2018).

Aun cuando está disuelta, la miel posee una acción antimicrobiana hasta mil veces más potente que los **antisépticos** conocidos, gracias a su **efecto osmótico** originado por el alto contenido de azúcar, lo que ralentiza el crecimiento de la comunidad microbiana (bacterias, hongos, etc.), facilitando la **cicatrización** sin efectos adversos (García, 2019).

Las lesiones en la piel, según su severidad, pueden clasificarse en quemaduras de primer, segundo o tercer grado. Las de primer grado son superficiales y afectan únicamente la epi-



dermis. Las de segundo grado lesionan la epidermis y parte de la dermis, presentando ampollas. Las de tercer grado afectan todo el espesor de la piel, dañando completamente la epidermis y la dermis sin cicatrización (Zapata et al., 2005; Guarín-Corredor et al., 2013). En el caso de heridas dérmicas por quemaduras, las propiedades **antibacterianas** y **antiinflamatorias** de la miel, la convierten en un agente natural adecuado para controlar la **microbiota** de las heridas infectadas, debido a que actúa directamente sobre una amplia gama de **microorganismos patógenos**, así como cepas (población de microorganismos de una sola especie) multirresistentes a los **antibióticos** (Schencke et al, 2016).

Estos efectos no se limitan a heridas en la piel; en la cavidad oral, también se pueden presentar diferentes tipos de lesiones. Las más comunes son úlceras o **aftas** causadas por efectos mecánicos ocasionados por *brackets*, prótesis, mordeduras o por alimentos duros. Sin embargo, la aparición de estas lesiones en la boca puede deberse a múltiples factores como alimentos ácidos, aditivos, de origen viral, etc., y suelen ir acompañadas de dolor y ardor, dificultando en ocasiones el habla y la alimentación (Hitz et al, 2012; García, 2019; Lindenmüller, 2012).

Por otro lado, la gelatina es un **hidrolizado** de un polímero natural conocido como **colágena** o colágeno, una proteína que cuenta con excelentes propiedades para la curación de heridas y que es ampliamente utilizada en la fabricación de materiales poliméricos (materiales versátiles formados por la unión de pequeñas unidades repetitivas llamadas monómeros) porosos (**apósito**) debido a su buena compatibilidad con las células sanas del tejido dañado. Un parche compuesto por miel y grenetina, un derivado de la gelatina, aplicado durante la fase inflamatoria de una herida puede facilitar la remodelación del **tejido epitelial** al promover la **granulación** y la **epitelización**, lo que a su vez estimula la reparación de la piel y activa los **queratinocitos**, mejorando así la cicatrización de las heridas (**Figura 1**) (Valencia-Gómez et al., 2016; Boateng et al., 2008).

El proceso de cicatrización de heridas consta de cuatro fases independientes: la fase de coagulación, que reduce la pérdida de fluido sanguíneo; la fase de inflamación, una respuesta protectora que destruye agentes peligrosos para el tejido lesionado; la fase de proliferación, que forma una barrera protectora y evita el ingreso de agentes nocivos; y la fase de maduración, en la que se forma la cicatriz y el tejido adquiere resistencia (Guarín-Corredor et al., 2013).

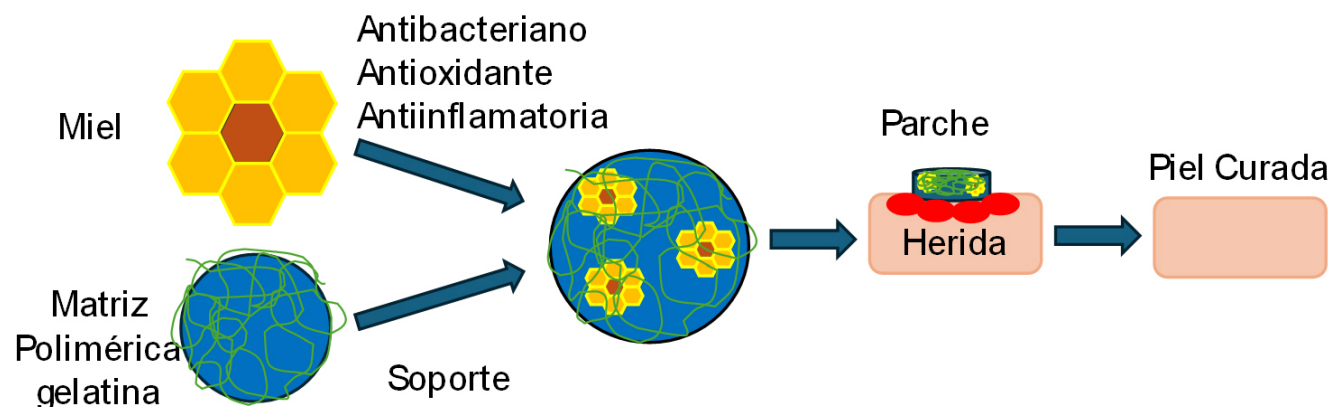


Figura 1. Esquema del uso de miel en un material polimérico para la curación de heridas cutáneas (Imagen: Martín-Pat Gaspar E., 2024).



PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

Este proyecto fue concebido para despertar la curiosidad en los temas científicos, particularmente en el vasto uso de la miel como elemento clave de la medicina ancestral en el cuidado de heridas (**Figura 2**).

Pensando en ello, se prepararon diversas actividades y algunos experimentos para adentrarte en este fascinante mundo de la ciencia y la medicina tradicional a base de miel.

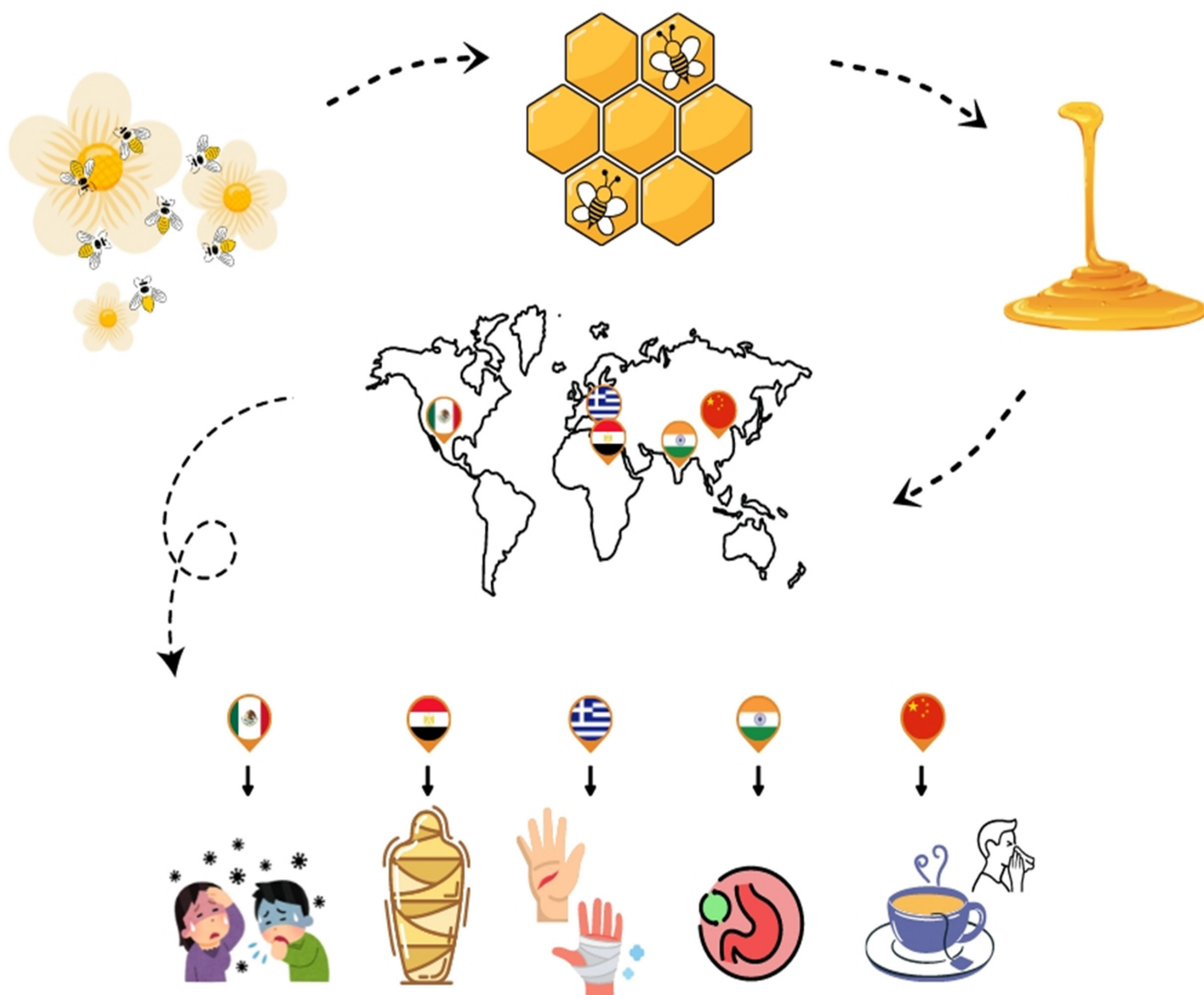


Figura 2. Usos tradicionales de la miel en diferentes regiones (Imagen: Castro-Kinil, Fátima Y., 2024).



DESARROLLO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



Actividad 1. Dulcificando cicatrices



Objetivo de la actividad

Producir un apósito utilizando miel y greñetina con aplicación potencial en el cuidado de heridas de la piel.



Lo que debes saber

El uso de la miel en la medicina moderna va en aumento en una amplia gama de aplicaciones, incluida la cicatrización de heridas sin efectos adversos (Bradbear, 2004; García, 2005; García, 2019) (**Figura 3**).

La técnica de electrohilado permite formar andamios con microfibras y alta porosidad a partir de una disolución polimérica (mezcla homogénea formada por un disolvente y uno o varios solutos), creando un andamiaje semejante a la piel humana (Ruiz-Salgado et al., 2022) (**Figura 4**).



Figura 3. Usos de la miel en el cuidado de heridas (Imagen: Rodríguez-Fuentes Nayeli, 2024, creada en <https://designer.microsoft.com/>).

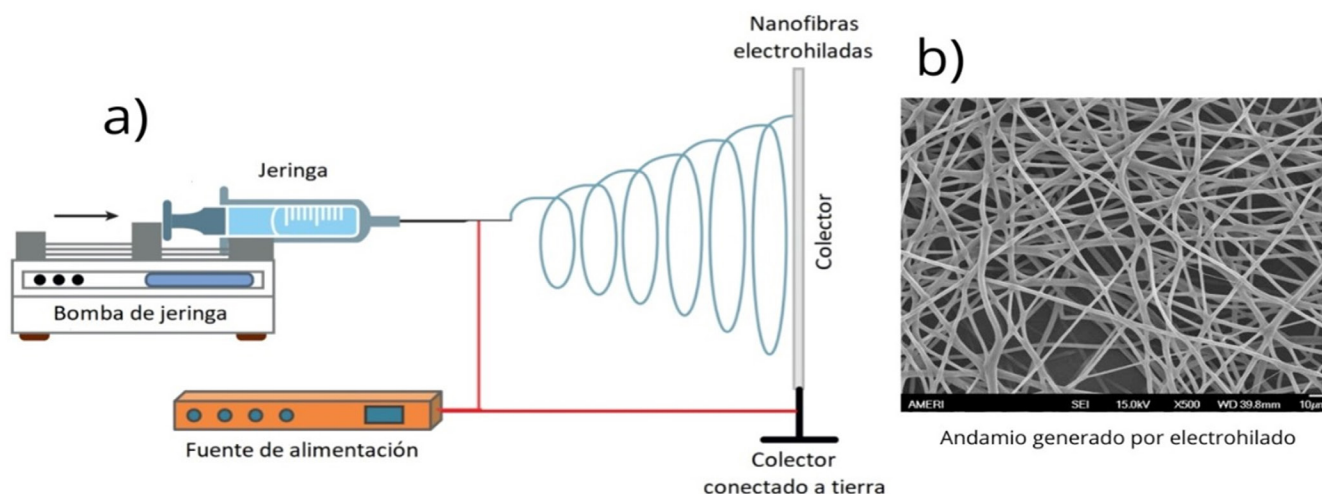


Figura 4. Proceso de electrohilamiento: a) componentes para electrohilado y b) andamio obtenido a partir de electrohilado (Tomada de Dai, X. et al. 2014).



Existen diversas opciones para el tratamiento de aftas bucales, sin embargo, la miel puede generar efectos benéficos en este tipo de lesiones, gracias a sus efectos antibacterianos, antiinflamatorios y estimulantes de la epitelización (**Figura 5**).



Figura 5. Productos para el manejo del dolor en aftas (úlceras bucales) (Castillo-Gamboa, Gerardo A., 2024).



Lista de materiales

- Probeta de 50 ml
- Frasco de vidrio de 200 ml
- Caja de Petri
- Venda de 10 cm × 5 m
- Gasa estéril de 10 cm × 10 cm
- 10 g de miel comercial
- 25 g de grenetina en polvo (colágena)
- 20 ml de agua potable
- Pinza
- Cuchara de plástico o de madera
- Lupa
- Parrilla de calentamiento o estufa
- Termómetro

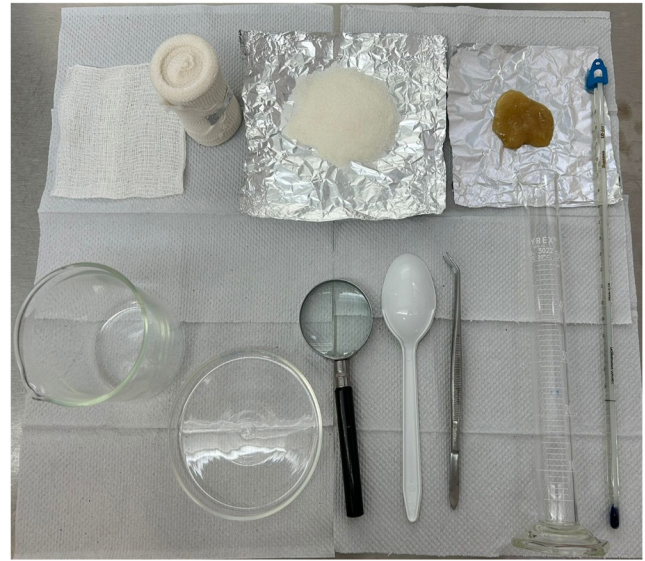


Figura 6. Materiales utilizados para el desarrollo de la Actividad 1 (Imagen: Castro-Kinil, Fátima Y., 2024).



Desarrollo

1. Con una probeta mide 20 ml de agua y caliéntala en un recipiente de vidrio en una parrilla de calentamiento o estufa.
2. Ahora, con un termómetro vigila la temperatura hasta alcanzar los 70 °C.
3. Añade 25 g de grenetina en polvo (colágena) y 10 g de miel al agua caliente.
4. Mezcla con una cuchara hasta obtener una mezcla homogénea.
5. Coloca la gasa en una caja de Petri con una pinza y vierte la mezcla homogénea sobre ella, asegurándote de cubrirla por completo.
6. Deja que la mezcla se enfríe a temperatura ambiente (25 °C) y se endurezca durante 24 h. Una vez que la gasa esté firme pero flexible, estará lista para su uso como apósito para heridas.



7. Observa la gasa estéril y la gasa con la mezcla de miel-colágena (apósito) bajo el microscopio y/o lupa.
8. Registra la forma y consistencia de la mezcla y el color del apósito.
9. Coloca en la herida y venda sobre el apósito.
10. Analiza el impacto de la miel y la grenetina en la curación de una herida.

Notas



- El frasco de vidrio debe estar muy limpio.
- Puede usarse cualquier tipo de miel.
- Cualquier herida y tratamiento debe estar vigilado por un especialista.
- Los apósitos generados en esta actividad presentan una morfología similar a la obtenida mediante la técnica de electrohilado. Estos apósitos pueden utilizarse para tratar quemaduras de primer grado, como raspones y quemaduras de aceite. En caso de heridas más graves, es necesario consultar a un especialista.



Refuerza tus conocimientos

Para retar los conocimientos adquiridos durante el desarrollo de esta actividad, resuelve el siguiente ejercicio.

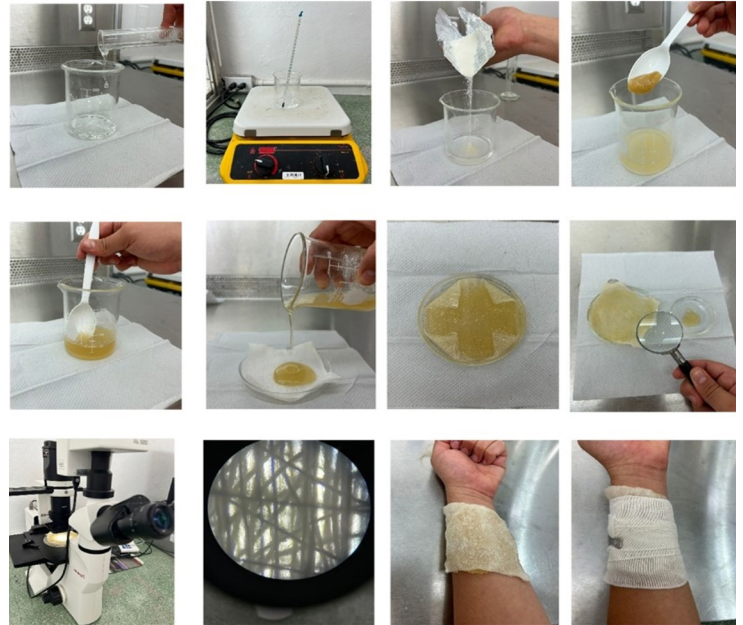


Figura 7. Desarrollo experimental de la actividad 1
(Imagen: Martín-Pat, Gaspar E., 2024).

Instrucciones: encuentra la palabra relacionada con cada enunciado.

1. Dulce natural producido por las abejas melíferas a partir del néctar de plantas.
2. Comunidad de microorganismos presentes en el cuerpo, cuyo crecimiento es combatido por la miel en lesiones cutáneas..
3. El efecto osmótico de la miel que ralentiza el crecimiento de microbios facilita la...
4. La miel contiene propiedades antibacterianas y antiinflamatorias que la convierten en un...
5. Material poroso usado en el tratamiento y cicatrización de heridas.
6. Es un hidrolizado de colágena con propiedades para la curación.
7. Es un derivado de la gelatina.



P	F	L	O	T	A	M	U	G	B	E	G	E	B
M	T	F	M	Z	G	V	K	G	O	N	R	D	X
I	S	E	E	W	E	F	E	F	C	A	E	I	Z
E	B	N	S	F	N	S	U	T	C	A	N	E	G
L	D	J	E	T	T	T	Q	D	P	R	E	N	E
D	R	X	R	J	E	G	X	Ó	V	M	T	T	L
E	B	D	A	S	N	A	S	D	O	F	I	C	A
Y	M	Y	X	E	A	I	L	P	Z	R	N	F	T
R	F	P	R	C	T	E	T	A	F	Z	A	C	I
W	B	S	T	O	U	R	Q	B	X	S	Q	C	N
C	I	C	A	T	R	I	Z	A	C	I	Ó	N	A
T	G	O	C	N	A	E	R	M	V	Z	M	T	X
R	C	P	A	C	L	I	D	V	R	X	E	G	J
S	S	G	M	I	C	R	O	B	I	A	N	A	O

Para concluir

Se logró obtener un apósito compuesto de miel y colágena (grenetina) con la capacidad de promover la regeneración del tejido, mostrando un impacto positivo en el proceso de cicatrización.

La actividad realizada demuestra la capacidad de la miel y la grenetina para formar un apósito eficaz en la curación de heridas utilizando una gasa para su fácil aplicación. Sin embargo,

su uso siempre debe estar bajo la supervisión de un especialista.

Al calentar y mezclar estos ingredientes (miel y colágena), se obtuvo una mezcla homogénea y muy viscosa que, una vez aplicada sobre una gasa y dejada reposar, resultó en un apósito firme pero flexible. Las observaciones bajo el microscopio revelaron que la gasa impregnada con la mezcla presentaba una estructura uniforme y un color característico, lo que sugiere una buena integración de los componentes.



Actividad 2. Curando con dulzura



Objetivo de la actividad

Elaborar un material a base de miel, aceite y cera de abeja, para su uso como coadyuvante en el tratamiento de lesiones ulcerosas en boca.



Lo que debes saber

La aparición frecuente de aftas recurrentes se conoce como estomatitis aftosa recurrente y afecta alrededor del 20% de la población general, presentándose principalmente en adolescentes y adultos jóvenes, especialmente en quienes usan *brackets* (Boza-Oreamuno et al., 2019) (**Figura 8**).



Figura 8. Aftas por *brackets* y la miel. La miel puede ayudar en la cicatrización de aftas bucales (Imagen: Rodríguez-Fuentes, Nayeli, 2024, creada en <https://designer.microsoft.com/>).

Las aftas recurrentes se han asociado a la deficiencia de vitamina B12 y otros elementos como el hierro y ácido fólico (**Figura 9**).



Figura 9. La dieta y las aftas bucales. Aunque las aftas no tienen una etiología definida, una dieta saludable y visitas al odontólogo al menos una vez al año, es una medida preventiva que aminora su aparición (Imagen: Rodríguez-Fuentes Nayeli, 2024, creada en <https://designer.microsoft.com/>).

Desde tiempos antiguos, la cera de abeja ha sido utilizada en la medicina como componente en pomadas y otros usos medicinales. En la actualidad, la cera de abeja se sigue utilizando en diversas industrias (Vit. P, 2005) (**Figura 10**).



Figura 10. Productos a base de cera de abeja. Los usos de la cera de abeja incluyen industrias cosmetológicas y farmacológicas, entre otras (Imagen: Rodríguez-Fuentes, Nayeli, 2024, creada en <https://designer.microsoft.com/>).



Aprende más sobre las aftas y sus cuidados con el siguiente video:



**Aftas o llagas bucales:
por qué salen y cómo se curan**
Clínica Eduardo Anitua

<https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=vw10WFCoetE>



Lista de materiales

- Vaso de precipitado de vidrio de 100 ml
- Vaso de precipitado de 500 ml
- 7 g de cera de abeja
- 2 g de aceite de olivo
- 1 g de miel comercial
- 100 ml de agua potable
- Cuchara de plástico
- Parrilla de calentamiento o estufa
- Termómetro



Figura 11. Materiales utilizados para el desarrollo de la Actividad 2 (Imagen: Castillo-Gamboa, Gerardo, 2024).



Desarrollo

1. Agrega 100 ml de agua en un vaso precipitado de 500 ml.
2. Calienta en la parrilla o estufa los 100 ml de agua entre 100 y 110 °C.
3. Coloca el vaso de precipitado de 100 ml en el interior del vaso de 500 ml que contiene el agua hirviendo (baño María).
4. Coloca 7 g de cera de abeja en el vaso de precipitado de 100 ml y espera a que se derrita; una vez obtenida la cera derretida, apaga la parrilla.
5. Vierte 2 g de aceite de olivo y mezcla con la cuchara hasta que se mezclen los ingredientes.
6. Retira el vaso de precipitado de 100 ml del agua e inmediatamente vierte 1 g de miel de abeja y mezcla hasta que se forme una mezcla uniforme.
7. Enfría a temperatura ambiente (25 °C) hasta que la mezcla se pueda moldear con las manos.
8. Realiza bolitas pequeñas a partir del resultante total de la mezcla que podrán servir para cubrir la zona donde se encuentre el afta.
9. ¡Listo! Ya puedes curar con dulzura las heridas bucales.



Notas

- Este material puede ser usado en pacientes con *brackets* o prótesis que generar aftas por rozamiento.
- Se debe tener cuidado al manejar el agua caliente.



Refuerza tus conocimientos

Para retar los conocimientos adquiridos durante el desarrollo de esta actividad, resuelve el siguiente ejercicio:

Instrucciones: encuentra la palabra relacionada con cada enunciado y escríbela en la numeración correspondiente.

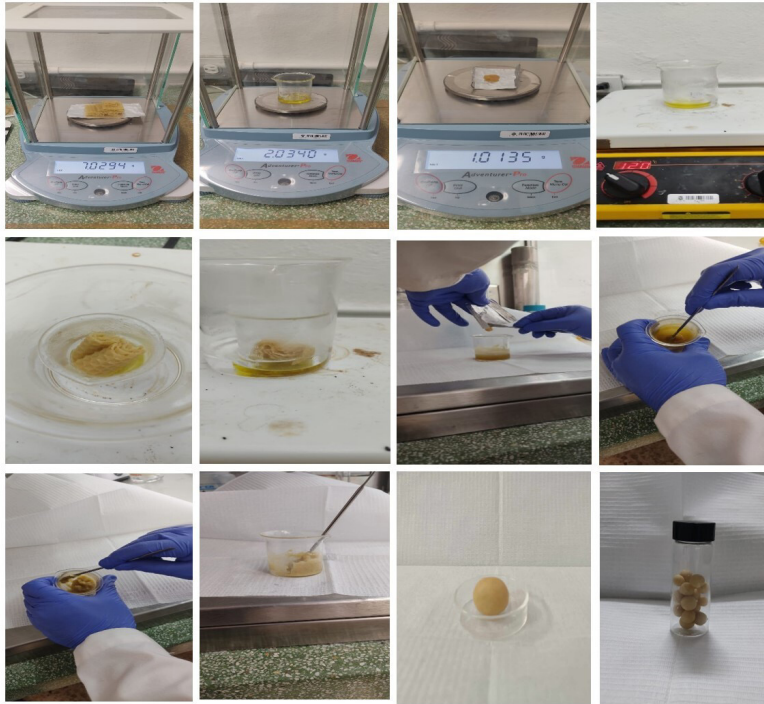


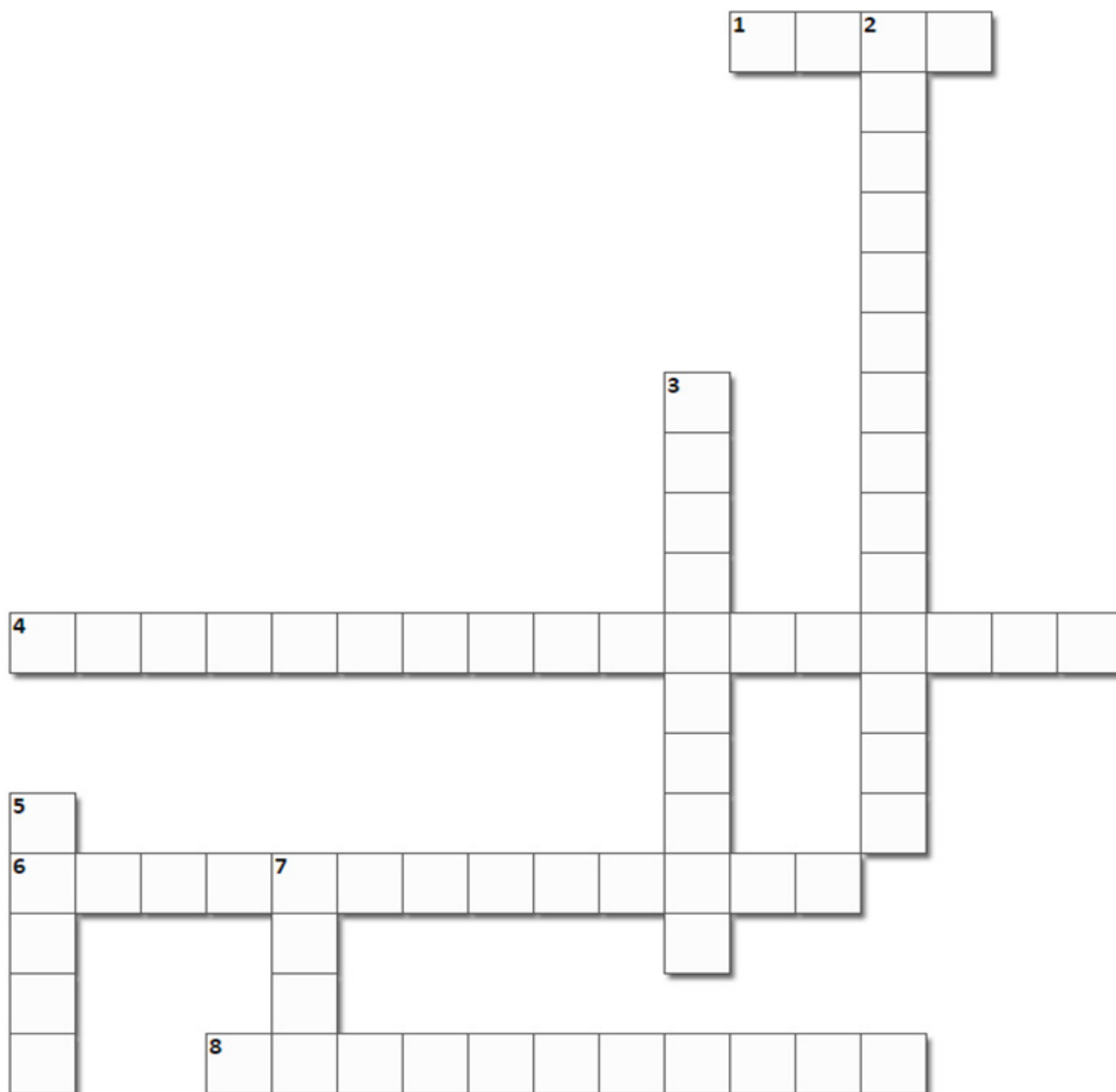
Figura 12. Proceso de preparación de la cera para *brackets*. (Imagen: García-Cortés, José M.; 2024).

Horizontales

1. Solución que presenta una composición variada, con predominio de azúcares como la fructosa y la glucosa, además de ácidos orgánicos, enzimas y partículas sólidas derivadas de la cosecha de las abejas.
4. Sobrenombre que se le otorgó a la miel una vez que es mencionada como producto medicinal.
6. Nombre y género del insecto que produce la miel a partir del néctar de las plantas.
8. Son dos características de la miel que dependen de la planta de origen, de la cual colecte la abeja.

Verticales

2. Fenómeno físico que permite el paso de un líquido a través de una membrana, desde una solución menos concentrada hacia una más concentrada. En las bacterias, esto puede ocasionar su muerte.
3. Médico griego que recomendaba el uso de la miel para el tratamiento de heridas.
5. Lugar donde las abejas depositan, deshidratan y almacenan la miel para su transformación.
7. Lesión que se presenta en la cavidad oral causada por efectos mecánicos ocasionados por brackets, coloquialmente se le conoce como fogaje.



Para concluir

Se logró obtener un material que resultará útil en el tratamiento de lesiones orales ocasionadas por prótesis, mordeduras o *brackets*; este funciona como un material suave y moldeable en forma de apósito que se podrá colocar

en las prótesis, diente o *bracket* que haya causado el afta. Este material, podría generar un efecto benéfico dadas las propiedades de la miel en el proceso de cicatrización y alivio del dolor en aftas.



CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO

A partir de las actividades realizadas, se puede concluir que la combinación de elementos naturales y elementos clave de la medicina ancestral tiene la capacidad de formar una barrera protectora que, junto con las propiedades cicatrizantes de la miel, ofrece una solución natural y efectiva para la regeneración de tejidos epiteliales y de la **mucosa oral**. Investi-

gaciones futuras deberán enfocarse en validar la efectividad a largo plazo de estos apósitos en diferentes tipos de heridas y lesiones, así como en la optimización de su formulación para maximizar los beneficios terapéuticos de la miel y de los elementos de la medicina ancestral, y representar así una opción segura de primera línea para la procuración de la salud.



SOBRE LAS AUTORAS Y AUTORES

El **Dr. Gaspar Eduardo Martín Pat** es ingeniero mecánico egresado del TecNM, campus Mérida, y posee una maestría y un doctorado en Ciencias de los Materiales Poliméricos por el CICY. Actualmente se desempeña como investigador posdoctoral (Secihti) participando principalmente en proyectos de fabricación de materiales porosos a base de miel y su caracterización fisicoquímica para aplicaciones biomédicas.

La **pIB. Fátima Yazmín Castro Kinil** es estudiante de la carrera de Ingeniería Biomédica en el TecNM, campus Mérida. Actualmente está realizando su servicio social en el Laboratorio de Biomateriales de la Unidad de Materiales del CICY; el proyecto consta de la generación andamios de PCL con miel de abeja por electrohilado para la regeneración ósea.

El **C. D. Gerardo Alfonso Castillo Gamboa**, egresado de la licenciatura en Cirujano Dentista por la UADY, actualmente cursa la maestría en Materiales Poliméricos en el CICY. Su actual proyecto se enfoca en el desarrollo de

biomateriales para regeneración de tejidos orales por medio de andamios de PLGA y colágena de origen marino.

El **pIB. José María García Cortés** es egresado de la carrera de Ingeniería Biomédica en la Universidad Modelo, campus Mérida. Se encuentra realizando el servicio social en el Laboratorio de Biomateriales del Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C. (CICY), desarrollando un proyecto enfocado en la elaboración de hidrogeles de alginato a partir del sargazo para el tratamiento de heridas dérmicas.

La **Dra. Nayeli Rodríguez Fuentes** es Investigadora por México (Secihti) adscrita al CICY. Su experiencia en la industria farmacéutica y en laboratorios de investigación le permitieron desarrollar habilidades para la utilización de biopolímeros para el cuidado de heridas. Es química farmacéutica bióloga por la UAM-X, con maestría, doctorado y posdoctorado por la UNAM en temas relacionados con el uso de biopolímeros con aplicaciones en la cicatrización de heridas.



GLOSARIO

Afta: son defectos dolorosos de la mucosa oral. Las lesiones pueden ser únicas o múltiples y, en función del tamaño, pueden tardar días o semanas en curar. Su etiología u origen es desconocida; coloquialmente se conocen como fogajes.

Antibacteriana: aquella sustancia que tiene la capacidad de eliminar o inhibir el crecimiento y la reproducción de bacterias.

Antibiótico: sustancia capaz de paralizar el desarrollo de microorganismos patógenos, es decir, eliminan a las bacterias o evitan que sigan su crecimiento y multiplicación en el organismo.

Antiinflamatoria: sustancia que tiene la capacidad de reducir la inflamación, que es la respuesta del sistema inmunológico a la irritación, lesión o infección.

Antiséptico: sustancia química que se utiliza para inhibir o prevenir el crecimiento de microorganismos en tejidos vivos, como la piel o las mucosas, incluso en las superficies de hospitales y centros de salud.

Apósito: material o dispositivo que se coloca sobre una herida o lesión cutánea con el propósito de protegerla, promover su cicatrización y prevenir infecciones.

Cicatrización: proceso natural mediante el cual el cuerpo repara y regenera los tejidos dañados o lesionados. Implica una serie de etapas coordinadas que incluyen la coagulación, la inflamación, la formación de tejido de granulación, la proliferación celular y la remodelación del tejido.

Colágena: la proteína más abundante en el cuerpo humano, esencial para la piel, huesos y tendones; proporciona la fuerza y elasticidad a los tejidos, por lo que es clave para el

mantenimiento de la integridad estructural del cuerpo humano.

Efecto osmótico: fenómeno físico que ocurre cuando hay una diferencia en la concentración de solutos a ambos lados de una membrana semipermeable, lo que permite el paso de un líquido a través de una membrana de una solución menos concentrada a una solución más concentrada. En las bacterias esto puede ocasionar su muerte.

Enzimas: moléculas de naturaleza proteica que actúan como catalizadores biológicos, es decir, aceleran la velocidad de las reacciones químicas que tienen lugar en los organismos vivos.

Epitelización: proceso mediante el cual las células epiteliales migran y se multiplican para cubrir una superficie expuesta de tejido, como una herida o una úlcera, con una capa de células epiteliales nuevas.

Fructosa: azúcar simple de origen natural presente en las frutas, pero también en la miel que lo contiene en una proporción de más de un 40%. Es de bajo índice glucémico lo que quiere decir que no incrementa de forma brusca la tasa de azúcar en sangre.

Glucosa: tipo de azúcar que se encuentra en muchos alimentos, especialmente en aquellos ricos en carbohidratos, como frutas, cereales y productos lácteos. Es la principal fuente de energía para el cuerpo humano y es utilizada por las células para realizar diversas funciones metabólicas.

Granulación: etapa de la cicatrización de las heridas en la que se forma un tejido de granulación compuesto principalmente por células y vasos sanguíneos nuevos. Este tejido tiene una apariencia granulosa debido a la presencia de pequeñas protuberancias o granulaciones.



Hidrolizado: producto obtenido mediante un proceso de hidrólisis, que consiste en la ruptura de enlaces químicos utilizando agua u otro solvente.

Microbiota: es la comunidad de microorganismos que habita en un ambiente específico, como el cuerpo humano, y desempeña funciones vitales para la salud, como la digestión de alimentos y la protección contra patógenos.

Microorganismos patógenos: seres vivos de tamaño microscópico que son capaces de provocar enfermedades e infecciones en los seres humanos y animales. Se encuentran en la naturaleza.

Mucosa oral: es el tejido blando situado en la cara interna de las mejillas, el labio, paladar blando y en la parte inferior de la lengua. Sirve para proteger las estructuras dentales.

Queratinocitos: son un tipo de célula presente en la epidermis, la capa más externa de la piel. Son células epiteliales especializadas que producen una proteína fibrosa llamada queratina, que es la principal proteína estructural de la piel, cabello y uñas.

Tejido epitelial: es un tejido membranoso que recubre la superficie del cuerpo y la superficie externa de los órganos. Este tejido proporciona protección, secreción, absorción, transporte y recepción sensorial.



REFERENCIAS

Apostolidis, S., & Kafetzopoulos, D. (2005). *The Medicinal Use of Honey. In Ancient Greek Medicine: A Historical Perspective*. Athens Medical Society. (pp. 47-49).

Boateng, J. S., Matthews, K. H., Stevens, H. N. E., & Eccleston, G. M. (2008). Wound healing dressings and drug delivery systems: A review. *J. Pharm. Sci.*, 97, 2892-2923. <https://doi.org/10.1002/jps.21210>

Boza-Oreamuno, Y. V., & Rugama-Flores, M. F. (2019). Estomatitis aftosa recurrente y deficiencias nutricionales: Reporte de tres casos y revisión de literatura. *Odovtos International Journal of Dental Sciences*, 21(3), 33-43. <https://dx.doi.org/10.15517/ijds.v0i0.37071>

Bradbear, N. (2004). *La apicultura y los medios de vida sostenibles*. Food & Agriculture Org. (pp. 70).

Chen, K. J., & Chen, J. (2008). *Chinese Medical Herbolgy and Pharmacology*. Art of Medicine Press. (pp. 210-211).

Dai, X., & Huang, Y. C. (2014). Electrospun fibrous scaffolds of Poly (glycerol-dodecanedioate)

for engineering neural tissues from mouse embryonic stem cells. *JoVE (Journal of Visualized Experiments)*, (88), e51587. <https://dx.doi.org/10.3791/51587>

Evers, V. H. (1989). Egyptian Medicine in the Days of the Pharaohs. *British Medical Journal (Clinical Research Edition)*, 299(6711), 1523-1524.

García, Á. P. (2005). *Descubra El Poder de la Miel*. (pp. 122).

García Felipe, S. (2019). *La miel como alternativa a los tratamientos tópicos en el proceso de curación de quemaduras, heridas y úlceras*. 13(1), 1312. ISSN 1988-348X.

Guarín-Corredor, C, Quiroga-Santamaría, P, Landínez-Parra, N. (2013). Proceso de Cicatrización de heridas de piel, campos endógenos y su relación con las heridas crónicas. *Revista de la Facultad de Medicina*, 61(4), 441-448. ISSN 0120-0011

Hammad, M. (2018). Bees and beekeeping in ancient egypt. *Journal of Association of Arab Universities for Tourism and Hospitality*, 15(1), 1-16. <https://doi.org/10.21608/jaauth.2018.47990>



4P

Purifica y observa cristales con un microscopio óptico

M. C. María Verónica Moreno Chulim¹

I. Q. I. Silvia Beatriz Andrade Canto²

M. C. José de los Ángeles Rodríguez Laviada¹

¹Unidad de Materiales

²Dirección de Planeación y Gestión

Descripción

Se observarán y analizarán tres tipos de **cristales** utilizando la cámara de un celular y un **microscopio óptico**. Para obtener los cristales del **ácido acetilsalicílico (AAS)** se utilizarán pastillas de aspirina, a las cuales se le realizará un proceso químico para eliminar sus aditivos. A los cristales de **cloruro de sodio (NaCl)** y el **nitrato de potasio (KNO₃)** se les realizará una **recristalización** que permitirá la formación de los cristales.

Objetivo general

Obtener el ácido acetilsalicílico (AAS) de la aspirina y recristalizar el cloruro de sodio (NaCl) y el nitrato de potasio (KNO₃) utilizando la técnica de recristalización y observar los cambios morfológicos y de tamaño de estos cristales mediante la cámara del teléfono celular y un microscopio óptico.



Materias afines

- Geometría
- Física
- Química

¿Qué vas a aprender?

- Las etapas del método científico.
- Uso del laboratorio.
- Características generales de las sales a utilizar.
- Conocimientos básicos sobre la recrystalización.
- Manejo general del uso de microscopio óptico.



Pregunta inicial

¿Es posible separar el Ácido acetilsalicílico (AAS) de los aditivos de la aspirina y purificar las sales de cloruro de sodio (NaCl) y nitrato de potasio (KNO_3) mediante la técnica de recrystalización?



PANORAMA GENERAL DEL TEMA

La recrystalización es una técnica de laboratorio muy utilizada para llevar a cabo la purificación de sustancias sólidas que contienen pequeñas cantidades de impurezas. Este es un proceso en el que se produce un cambio en la dimensión y, a veces, en la forma de los cristales (Universidad de Zaragoza, 2012). De acuerdo con las condiciones en las que el proceso tiene lugar, se distingue entre cristalización isotérmica (también llamada maduración de Ostwald) y cristalización no isotérmica (Grasses, 2000).

Esta técnica se basa en el hecho de que la mayoría de los compuestos incrementan su solubilidad con la temperatura; de este modo, la muestra a recrystalizar se disuelve en un **disolvente** o mezcla de disolventes a su temperatura de ebullición y, al dejarse enfriar lentamente, se favorece la formación de cristales. La formación y el crecimiento de cristales en una red ordenada y lenta favorecen la incorporación de moléculas del compuesto, excluyendo de esta red cristalina a las moléculas de las impurezas, de modo que al final se obtiene un sólido enriquecido en el compuesto que se desea purificar (Universidad de Zaragoza, 2012).

Este proceso permite obtener compuestos de alta pureza, necesarios para el desarrollo de medicamentos, investigaciones científicas y la producción industrial.

Beneficios de la recrystalización

- **Eliminación de impurezas:** las impurezas se mantienen solubles en el disolvente caliente, mientras que el compuesto de interés cristaliza al enfriarse, permitiendo obtener cristales purificados.
- **Mejora de las propiedades físicas de los compuestos:** la mayor pureza puede modificar la solubilidad, la densidad y elevar el punto de fusión, lo que indica mayor calidad y homogeneidad.
- **Aumento de la pureza del compuesto:** especialmente importante en la industria farmacéutica, donde la pureza garantiza seguridad y eficacia.

Para una recrystalización óptima se deben considerar los siguientes aspectos:

- **Elección del disolvente adecuado:** debe disolver el compuesto a alta temperatura y permitir la cristalización al enfriarse, además de ser químicamente compatible y de baja toxicidad.
- **Selección de la temperatura y el tiempo de recrystalización:** la tempe-



ratura debe ser suficiente para disolver completamente el compuesto, sin provocar su descomposición; se recomienda un enfriamiento lento.

- **Utilización de cristales pequeños y puros adecuados:** estos promueven la formación de cristales más grandes y de mayor pureza.

En resumen, los pasos de la recrystalización son:

- **Preparación de la muestra:** triturar el compuesto sólido para aumentar la superficie de contacto con el disolvente.
- **Disolución del compuesto:** disolver en el disolvente caliente con agitación, utilizando la cantidad adecuada de disolvente.

- **Filtración del compuesto:** eliminar impurezas sólidas no disueltas mediante filtración.

- **Recuperación del producto:** enfriar lentamente la solución filtrada para formar cristales, recuperarlos por filtración, secarlos y pesarlos (Isac, 2015).

El uso de instrumentos científicos como el microscopio óptico (**Figura 1**) permite observar objetos demasiado pequeños para verse a simple vista. Este instrumento, que funciona por refracción mediante un sistema de lentes, es ideal para observar los cambios de tamaño y morfología de los cristales obtenidos. Otra herramienta útil para observar estos cambios de manera general es la cámara de un teléfono celular.

Figura 1.
Microscopio óptico.



PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

El objetivo de este proyecto es que las y los estudiantes aprendan cómo las diferentes áreas de la ciencia se relacionan entre sí para crear nuevos conocimientos y resolver problemas. Durante este proyecto se utilizará un proceso químico para obtener el ácido acetilsalicílico de la aspirina y se aplicará la técnica de recrystalización

para purificar dos tipos de sales; además, se observarán los cambios que ocurren en ellas al eliminar el disolvente utilizando dos temperaturas diferentes. Los cambios de tamaño y morfología de los compuestos se analizarán con ayuda de la cámara de un teléfono celular y de un microscopio óptico.



DESARROLLO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



Actividad 1. Obtención de ácido acetilsalicílico (AAS)



Objetivo de la actividad

Mediante un proceso químico, se separarán los aditivos que contiene una pastilla de aspirina para obtener los cristales del ácido acetilsalicílico (AAS).



Lista de materiales

- Un paquete de 20 pastillas de aspirina
- Balanza
- Mortero con pistilo de porcelana
- Vaso de precipitado de 250 ml
- **Acetona** (200 ml)
- Parrilla o **placa de calentamiento**
- Varilla de vidrio y/o barra magnética
- Filtro de vidrio o **embudo** Büchner
- Papel filtro
- Lupa o cámara del celular
- Microscopio óptico
- Vaso de precipitados de 200 ml
- Bureta de 100 ml



Desarrollo

1. Pesa y muele 20 pastillas de aspirina en un mortero con pistilo de porcelana (**Figura 2**) y colócalas en un vaso de precipitados de 250 ml.



Figura 2. Mortero de porcelana con pistilo y pastillas de aspirina.

2. Agrega 100 ml de acetona; calienta y agita para disolver los aditivos que contiene la aspirina.
3. Filtra por gravedad utilizando un embudo de vidrio (**Figura 3**) o Büchner con papel filtro para eliminar los aditivos de la aspirina.



Figura 3. Embudo de vidrio con papel filtro.

4. Calienta la solución filtrada a 50 °C en una placa de calentamiento (**Figura 4**) para eliminar el disolvente.



Figura 4. Placa de calentamiento y agitación.



5. Observa y toma fotografías de los cristales del AAS con la cámara de un teléfono celular y con el microscopio óptico (ejemplo: ver **Figura 5**).

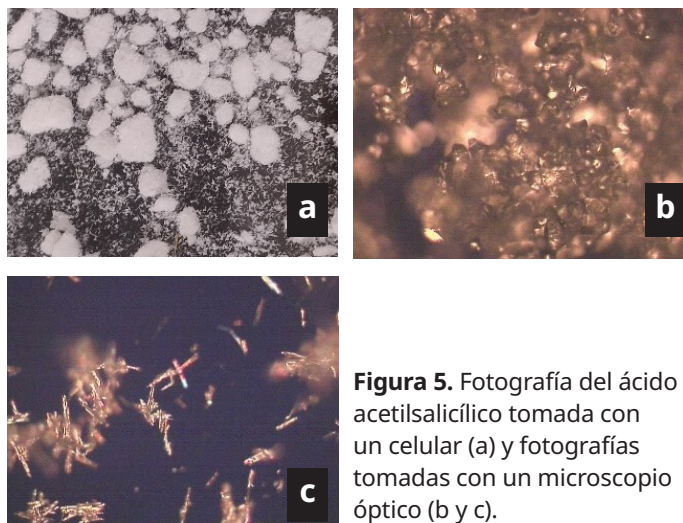


Figura 5. Fotografía del ácido acetilsalicílico tomada con un celular (a) y fotografías tomadas con un microscopio óptico (b y c).

6. Anota los cambios observados del AAS obtenido.

Para concluir

La cámara del celular resulta una herramienta muy útil en nuestros días, sin embargo, para poder observar la forma de los cristales del AAS, el microscopio óptico resultó ser una herramienta mucho más útil debido a los diferentes objetivos que tiene, los cuales nos permite observar objetos muy pequeños.

Los cristales del AAS con la cámara del celular (**Figura 5a**) solo muestran aglomerados de polvo blanco. Al utilizar el microscopio óptico se observan aglomerados cristalinos (**Figura 5b**) y al dispersarlos (**Figura 5c**) se observa que estos cristales tienen formas de pequeñas agujas.



Actividad 2. Procedimiento para la recrystalización del cloruro de sodio (NaCl) y nitrato de potasio (KNO₃)



Objetivo de la actividad

Llevar a cabo el proceso de recrystalización de la sal comercial (NaCl) y el nitrato de potasio (KNO₃).



Lista de materiales

- 10 g de cloruro de sodio (NaCl) (sal comercial)
- 10 g de nitrato de potasio (KNO₃)
- Balanza
- Agua destilada (500 ml)
- Vaso de precipitado de 1000 ml
- Parrilla o placa de calentamiento
- 2 vasos de precipitados de 250 ml
- Papel filtro

- Filtro de vidrio o embudo Büchner
- 4 cajas Petri de vidrio
- Microscopio óptico
- Lupa o cámara del celular



Desarrollo

1. Pesa 10 g de cloruro de sodio (NaCl) y 10 g de nitrato de potasio (KNO₃).
2. Toma 500 ml de agua destilada, colócala en un vaso de precipitado de 1000 ml y calienta en una placa de calentamiento a 100 °C.
3. Mide 200 ml de agua destilada caliente y coloca 100 ml en cada vaso de precipitado de 250 ml.



4. Agrega los 10 g de cloruro de sodio en uno de los vasos de precipitado con el agua destilada caliente. Repite la acción con los 10 g de nitrato de potasio en el otro vaso. Agita hasta su completa disolución.
5. Filtra las soluciones utilizando papel filtro en un embudo de vidrio o un embudo Büchner.
6. Toma dos muestras de 10 ml de la solución de cloruro de sodio y coloca cada una en dos cajas Petri de vidrio. Haz lo mismo con la solución de nitrato de potasio con otras dos cajas.
7. Coloca la caja Petri 1 de la solución de cloruro de sodio en la placa de calentamiento a 50 °C para evaporar el disolvente (**Figura 6**), y deja la caja Petri 2 a temperatura ambiente durante 6 días o hasta que se evapore el disolvente y se obtengan los cristales de las sales. Repite lo mismo con la solución de nitrato de potasio.

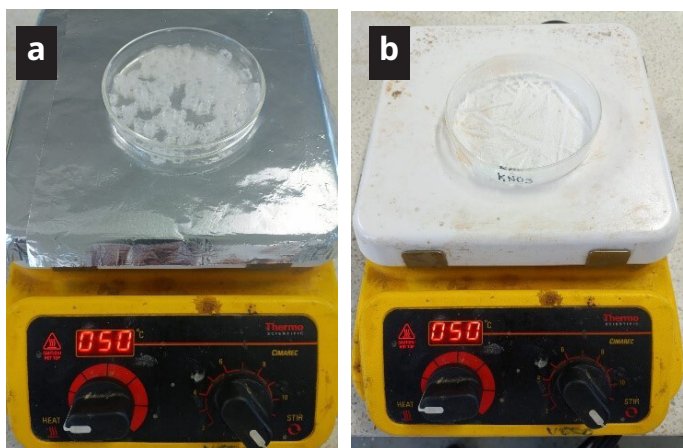


Figura 6. Caja Petri en placa de calentamiento con NaCl (a) y KNO_3 (b).

8. Observa y toma fotografías de los cristales de las diferentes sales con la cámara de un teléfono celular y con el microscopio óptico. Ejemplo: cloruro de sodio antes y después de la recrystalización (**Figura 7**) y nitrato de potasio (**Figura 8**)

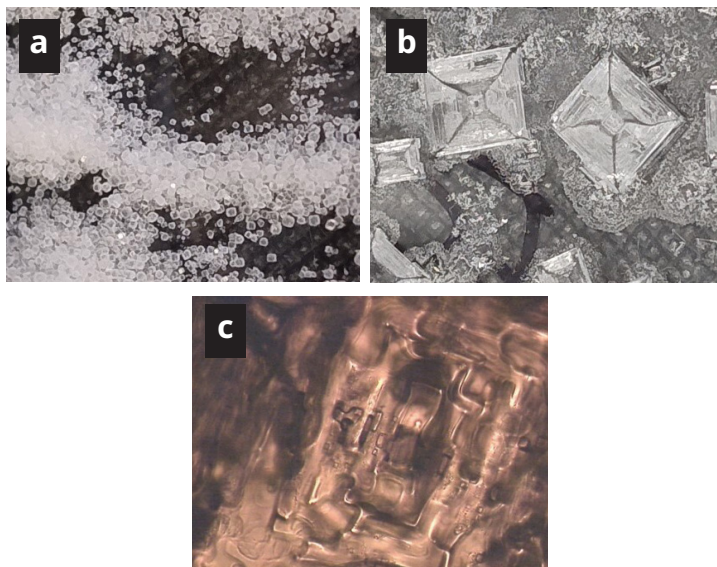


Figura 7. a) Fotografía de sal comercial (NaCl) tomada con el celular; b) NaCl recrystalizado tomado con el celular; y c) NaCl recrystalizado tomado con un microscopio óptico.

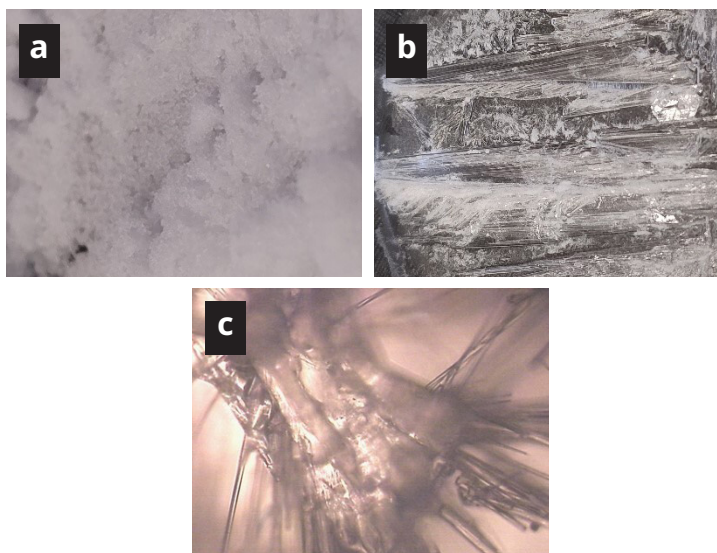


Figura 8. A) Fotografía del nitrato de potasio (KNO_3) tomada con el celular; b) KNO_3 recrystalizado tomado con el celular; y c) KNO_3 recrystalizado tomado con el microscopio óptico.

9. Anota los cambios observados en las sales antes y después de la recrystalización.



Para concluir

El proceso de recristalización permitió la formación de los cristales del NaCl (**Figura 7b y 7c**) y del KNO_3 (**Figura 8b y 8c**). Se observó que las soluciones que fueron secadas a temperatura ambiente presentaron un mayor número de cristales definidos y de mayor tamaño. Esto indica que, al irse evaporando el disolvente, de forma lenta, permitió que los cristales se agruparan y acomodaran dando como resultado cristales definidos y de mayor tamaño.

Al observar los cristales de NaCl con el microscopio óptico se notó que tienen formas piramidales (**Figura 7c**) y, en el caso de los cristales de KNO_3 , presenta estructuras aglomeradas y en los extremos de estas se ven pequeñas estructuras tubulares (**Figura 8c**).



CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO

Utilizando la técnica de recristalización fue posible purificar las sales de cloruro de sodio y nitrato de potasio, y mediante la disolución de la aspirina en un solvente orgánico se logró separar el ácido acetilsalicílico (AAS). Asimismo, haciendo uso de dos herramientas ampliamente utilizadas en la actualidad, como

la cámara de un teléfono celular y el microscopio óptico, fue posible observar con mayor detalle los cambios de tamaño y morfología de los cristales de AAS, NaCl y KNO_3 . De igual manera se le permitió al o la estudiante conocer el uso del microscopio y de todo el potencial que tiene este equipo.



SOBRE LAS AUTORAS Y EL AUTOR

La **M. C. María Verónica Moreno Chulim** es química industrial de formación, con maestría en Materiales Poliméricos. Ha trabajado con polímeros naturales y sintéticos y actualmente se desempeña en la Unidad de Materiales del CICY, específicamente en el Laboratorio de Materiales Compuestos.

La **I. Q. I. Silvia Andrade Canto** es especialista en el área de microscopía electrónica de barrido, con amplia experiencia en el sector de

la microscopía y en la divulgación de la ciencia. Actualmente es la encargada del Área de Microscopía Electrónica de Barrido del CICY.

El **M. C. José Rodríguez Laviada** es ingeniero químico de formación, con maestría en procesamiento, y cuenta con experiencia en materiales compuestos, especialmente en el reciclado de polímeros. Actualmente se desempeña como encargado del Laboratorio de Materiales Compuestos de la Unidad de Materiales del CICY.



GLOSARIO

Acetona: líquido que forma parte del conjunto de las cetonas, compuestos orgánicos que cuentan con un grupo funcional de tipo carbonilo vinculado a un par de átomos de carbono. Este líquido, que carece de color, suele utilizarse como disolvente y en la producción de diferentes elementos.

Ácido acetilsalicílico (AAS) ($C_9H_8O_4$): conocido popularmente como aspirina —nombre comercial que pasó al uso común—, es un fármaco perteneciente a la familia de los salicilatos. Es ampliamente utilizado por sus propiedades analgésicas, antipiréticas y antiinflamatorias, y constituye un compuesto de interés en estudios de purificación y cristalización.

Cloruro de sodio ($NaCl$): comúnmente conocido como sal, es uno de los minerales más abundantes en la Tierra y un nutriente esencial para muchos organismos. Se encuentra de forma natural en el agua de mar y en formaciones rocosas subterráneas, y es ampliamente utilizado en la industria alimentaria, química y farmacéutica.

Cristal: consiste en materia que se forma a partir de una disposición ordenada de átomos, moléculas o iones.

Disolvente: se refiere a aquello que disuelve, es decir, que logra deshacer, desintegrar o separar algo.

Embudo: es un instrumento que se usa para canalizar líquidos y materiales granulares en recipientes con bocas estrechas, evitando que se derrame la sustancia a tratar. También se emplea para separar sólidos de líquidos a través del proceso de laboratorio llamado filtración.

Microscopio óptico: también conocido como microscopio de luz, es un tipo de microscopio que normalmente utiliza luz visible y un sistema de lentes para generar imágenes ampliadas de pequeños objetos.

Nitrato de potasio (KNO_3): es un compuesto químico de gran relevancia en diversas industrias y aplicaciones científicas. Perteneciente a la familia de los nitratos y se presenta generalmente como un sólido cristalino blanco o incoloro, con alta solubilidad en agua y propiedades que favorecen su estudio mediante técnicas de recristalización.

Placa de calentamiento: son dispositivos diseñados para calentar líquidos o sólidos de manera uniforme y controlada.

Recristalización: proceso químico utilizado para purificar sólidos mediante la disolución de un material impuro en un disolvente adecuado y su posterior cristalización.



Referencias

Universidad de Zaragoza. (2012). *Recristalización* [PDF]. En *OpenCourseWare: Técnicas básicas de laboratorio químico*. https://ocw.unizar.es/ocw/ciencias-experimentales/tecnicas-basicas-de-laboratorio-quimico/teoria/Recristalizacion_teoría.pdf

Grases Freixedas, F., Costa Bauzá, A., & Söhnle, O. (2000). *Cristalización en disolución: Conceptos básicos*. Editorial Reverté.

Isaac-García, J., Dobado, J. A., Calvo-Flores, F. G., & Martínez-García, H. (2015). *Experimental organic chemistry laboratory manual*. Elsevier.



Secundaria





1S

Atrapando los colores de la naturaleza

Dra. Rocío de Lourdes Borges Argáez

Unidad de Biotecnología

Descripción

Las y los estudiantes identificarán plantas tintóreas con presencia en su localidad y conocerán el proceso para teñir telas con **pigmentos naturales** y las principales familias de compuestos tintóreos que poseen las plantas.

Aprenderán a distinguir fibras naturales a base de proteína y fibras celulósicas, y realizarán distintos procedimientos para que la fibra natural pueda unirse al tinte.

Finalmente, conocerán los distintos mordientes que se pueden emplear para mejorar la fijación del color en la tela, así como procesos básicos de resistencia del tinte a la luz solar.

Objetivo general

Identificar la presencia de plantas tintóreas en tu localidad y conocer el proceso de extracción de los tintes para su uso textil.



Materias afines

- Hacia un desarrollo sustentable
- La investigación en las ciencias naturales
- Ciencias / Biología y Química
- Proyectos de impacto social / cuidado del medio ambiente
- Tecnología / técnica y naturaleza / transformación

¿Qué vas a aprender?

Identificarás si una planta tiene propiedades tintóreas mediante el método científico, así como las diversas aplicaciones que tienen los tintes para la humanidad, su connotación histórica y su importancia mundial.

Aprenderás a extraer los tintes a partir de las especies vegetales seleccionadas, de preferencia de fácil acceso, ya sea del jardín de tu casa o patio, o bien de tu localidad.

Conocerás todo el proceso que se realiza para teñir telas, desde la preparación de la tela para el tinte hasta los experimentos para obtener variaciones de color y pruebas de resistencia a la luz solar. Aprenderás los conceptos químicos básicos que intervienen en los procesos de teñido de un material y, por último, la gama de colores que se pueden obtener al combinar distintos tintes.



Pregunta inicial

¿Qué es un tinte natural, cómo se puede identificar si una planta tiene propiedades tintóreas y de qué manera estos tintes se fijan a las distintas fibras y telas naturales?



PANORAMA GENERAL DEL TEMA

Los tintes o pigmentos naturales son sustancias coloridas que se obtienen de plantas y animales; otras fuentes son los minerales y, por supuesto, los obtenidos por síntesis química. Todas estas fuentes de tintes tienen la cualidad de transferir color a las fibras gracias a la presencia de ciertos grupos llamados **cromóforos**.

En México existen especies tintóreas de reconocido prestigio, tales como el palo tinto o palo de Campeche, nombre común con que se le denomina a la especie *Haematoxylum campechianum* L. (**Figura 1**). La corteza de esta especie posee **hematoxilina**, que por reacción con el aire se oxida a **hemateína**, pigmento que puede dar tonalidades violetas, negras, púrpuras, grises y azul marino de acuerdo con

las condiciones del baño de teñido. Este pigmento se emplea incluso como reactivo para teñir células epiteliales.

Otro ejemplo importante es el tinte añil, del cual se obtiene el **índigo** por reacción de enzimas presentes en las hojas de esta especie cuando son remojadas en agua, que convierten un precursor presente en ellas, la indigotina, en indoxilo. Este, por efecto de la oxigenación del agua, da lugar al índigo (Cardon, 2007).

El índigo es un pigmento azul intenso (**Figura 1**) que era utilizado por diversas civilizaciones; en el caso de los mayas, lo empleaban para teñir vasijas y murales, de los cuales aún se conserva evidencia, lo que da cuenta de la resistencia de este tinte a lo largo de siglos.



Antes del descubrimiento de los tintes sintéticos, el índigo era el tinte que se empleaba para teñir los *jeans* (pantalones de mezclilla azul). Hasta hoy se conoce que este precursor puede estar en más de 90 especies vegetales a nivel mundial, pero su mayor concentración se encuentra en las especies *Indigofera tinctoria* e *Indigofera suffruticosa*, ambas especies presentes a nivel nacional. Se cree que esta especie es originaria de la India, de la cual proviene la palabra índigo (de las Indias).

Otro ejemplo importante es el cempasúchil o flor de muerto (*Tagetes erecta*), por su uso en ceremonias religiosas. De esta especie se emplean sus pétalos, ya sea secos o frescos, los cuales dan una tonalidad amarilla intensa en distintos textiles (**Figura 1**). El uso de esta especie no se limita al tinte o a lo ornamental, también se ha empleado con fines alimenticios por su contenido de **pigmentos carotenoides**, como la **luteína**, usada en la alimentación animal, en especial en la industria avícola para que los animales adquieran un tono amarillo, así como para que los huevos presenten una yema más amarilla y atractiva para el consumo humano.

Hasta aquí hemos hablado de algunos tintes de origen vegetal; sin embargo, también existen los de origen animal, como, por ejemplo, la grana cochinilla (**Figura 1**).

Este tinte se obtiene de un insecto de la familia Dactylopiidae, de nombre *Dactylopius coccus* (**Figura 1**). Las hembras producen un tinte rojo cuyo principal componente es el **ácido carmínico**; este colorante es el único aprobado para su uso alimenticio por la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA, por sus siglas en inglés) y se emplea en cosmética como base para los lápices labiales: el famoso rojo carmín (**Tabla 1**).

Finalmente, solo por mencionar algunos de los más conocidos, ya que hay muchas fuentes de colorantes naturales aún por descubrir, está

el **caracol púrpura** (*Plicopurpura pansa*), un pequeño animal con concha que se mantiene firmemente adherido a las rocas de las costas del océano Pacífico. De la secreción del caracol se obtiene un color violeta que se emplea para teñir los hilos en el sitio de colecta (Arroyo Ortiz, 2014).

Como ves, los tintes tienen múltiples usos en la vida cotidiana y se pueden obtener de distintas fuentes.

Vamos a explorar otras especies que posiblemente tengamos en nuestro jardín o en nuestra localidad y a descubrir, mediante el método científico, si poseen o no componentes tintóreos. Es importante señalar que, dado que los componentes tintóreos presentes en las especies vegetales pueden variar de acuerdo con distintas condiciones climatológicas e inclusive con la edad y madurez de la especie (**factores bióticos** o **abióticos**), es recomendable repetir estos experimentos en distintas épocas del año, con el fin de comprobar o descartar si una especie posee propiedades tintóreas.

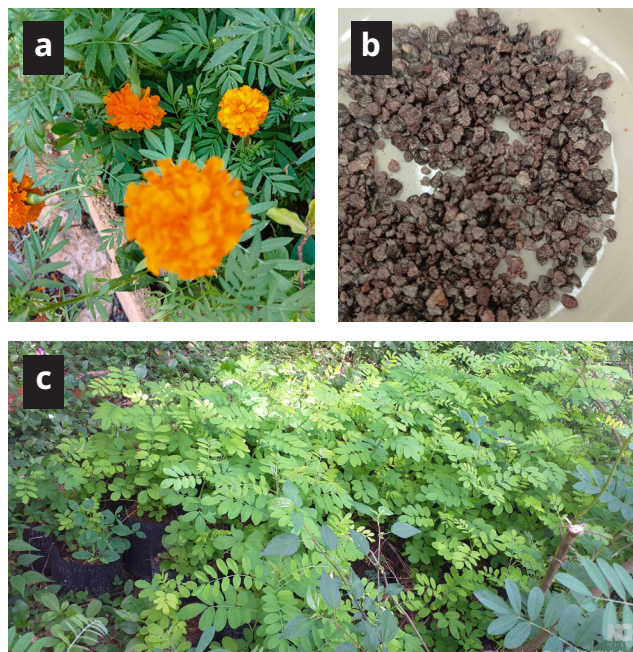


Figura 1. a) Flor de cempasúchil, b) insectos secos de cochinilla y c) añil.



Tabla 1. Principales grupos químicos tintóreos de algunas especies tintóreas

Nombre científico de la especie	Nombre común	Grupo químico tintóreo	Color en el textil
<i>Haematoxylum campechianum</i> L.	Palo de Campeche	Hematoxilina	Violeta, azul, morado, negro
<i>Tagetes erecta</i> L.	Cempasúchil	Luteína	Amarillo intenso
<i>Indigofera suffruticosa</i> Mill.	Añil	Índigo	Distintas tonalidades de azul
<i>Bixa Orellana</i> L.	Achiote	Carotenoide	Amarillo a naranja
<i>Dactylopius coccus</i>	Cochinilla	Ácido carmínico	Distintas tonalidades de rojo, rosa, naranja a violeta



PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

Este proyecto fue concebido para motivarte a cuidar la naturaleza, fuente de insumos para un gran número de aplicaciones, como la obtención de tintes naturales de uso textil.

Dentro del vasto reino vegetal, despertará tu curiosidad y entusiasmo la obtención de una gama de colores mediante la selección de condiciones de teñido y el uso de sustancias especiales.

Esperamos que te entusiasme tanto como a nosotros. ¡Manos a la obra: a descubrir especies tintóreas!



NOTA:

Para este proyecto, el uso de estufas, encendedores, recipientes calientes, baño María y mordientes debe hacerse bajo la supervisión de una persona adulta.

Asimismo, los utensilios y recipientes utilizados para teñir no deben reutilizarse para la preparación de alimentos, especialmente si contienen mordientes o modificadores químicos.



DESARROLLO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



Actividad 1. Descubrimiento de plantas con propiedades tintóreas



Objetivo de la actividad

Determinar la presencia de plantas con propiedades tintóreas en mi localidad.



Lista de materiales

- Cordones o telas de lana, seda o algodón
- Tijeras
- Agua purificada o destilada
- Balanza casera para pesar



- Recipiente
- Celular con cámara y aplicación PlantNet instalada
- Guantes de cocina o látex
- Hojas o flores seleccionadas
- Frascos de cristal (mayonesa o mermelada) con tapadera
- Alumbre potásico o sal
- Olla para baño María
- Estufa
- Pinzas



Desarrollo

1. Si tienes oportunidad de conseguir **lana** pura (puede ser de algún suéter beige o de color natural que ya no utilices), corta pedazos de la tela o del hilo (también puede ser de **seda** natural o algodón). Pesa aproximadamente 2 g de hilo y déjalos remojar en agua de la llave, en un recipiente, mientras colectas tu material vegetal.
2. En tu jardín o patio, observa las distintas especies vegetales que tienes. Tómales fotos y consulta en la aplicación PlantNet; en ella encontrarás información de cada planta, asegurando que no sean tóxicas. De todas maneras, trabaja con guantes de cocina o de látex. Recolecta unas cuantas hojas o flores, obteniendo la misma cantidad que el peso de los hilos, es decir, 2 g.
3. En un frasco de cristal (de mayonesa o mermelada), vacío y limpio, deposita el material vegetal cortado en pequeños pedazos si son hojas o, si son flores, separa los pétalos. Puedes utilizar cuantos frascos requieras, dependiendo de las plantas con las que quieras experimentar.
4. Llena el frasco con agua purificada o destilada hasta cubrir el material vegetal y adiciona un cordón del hilo de lana (seda o algodón). Añade al frasco una cucharadita de alumbre potásico (se puede comprar en farmacias); si no consigues, puedes usar sal.
5. Tapa el o los frascos y déjalos reposar 48 horas a temperatura ambiente, agitando cada 24 horas.
6. Al término de las 48 horas, calienta agua en una vaporera para colocar el o los frascos, con las tapas semiabiertas. Cuida que el agua no se evapore por completo y que los frascos no floten. Mantén a temperatura media, durante hora y media. Transcurrido este tiempo, deja enfriar y reposar nuevamente toda la noche.
7. Al otro día, con una pinza o cuchara de plástico, extrae el hilo del o los frascos y observa si quedó colorido.
8. Enjuaga con agua de la llave y observa si el color se mantiene. En caso afirmativo, se trata de una planta que contiene compuestos con propiedades tintóreas (**Figura 2**).
9. Documenta todo el proceso en una bitácora. Puedes elaborar una tabla con tus descubrimientos.

Foto o muestra vegetal	Nombre científico de la especie	Color del hilo obtenido después del baño María	Color del hilo obtenido después de enjuagar con agua
Planta 1			
Planta 2			
Planta 3			
Planta 4			



Figura 2. Metodología general empleada en el descubrimiento de especies tintóreas: colecta de especies, pesado, reposo con las telas y el mordiente, calentamiento en vaporera por hora y media, y resultado final obtenido con las distintas fibras.



Notas

- En caso de querer experimentar con lo que se emplea en la cocina, puedes usar cáscaras de cebolla amarilla o morada, semillas de aguacate, col morada, hojas de epazote, cilantro, entre otras.
- El uso de sal en el baño de teñido es una técnica eficaz para mejorar la adherencia y uniformidad del color en las fibras textiles. La sal reduce la solubilidad del tinte en el agua, promoviendo su absorción por la fibra. Las fibras de celulosa, como el algodón, tienen una carga negativa en solución acuosa, al igual que muchos tintes reactivos. La sal ayuda a neutralizar estas cargas negativas, reduciendo la repulsión entre la fibra y el tinte y permitiendo una mejor fijación del tinte. El alumbre es un mordiente que veremos más adelante.

Para concluir

Ya cuentas con las herramientas suficientes para iniciar tu investigación de las plantas que tienen propiedades tintóreas y las que no.

De las que hayas identificado que sí funcionan, consulta en internet, principalmente en bases científicas de Google Académico o PubMed, a qué familia vegetal pertenecen y qué compuestos químicos poseen.

Las principales entidades químicas con esas propiedades pertenecen al grupo de las quinonas, los flavonoides, los compuestos fenólicos, entre otros.

Identifica las probables sustancias que le dan color a tus textiles.



Actividad 2. Tipos de fibras textiles: naturales y sintéticas: cómo reconocerlas



Objetivo de la actividad

Conocer los tipos de fibras que hay comercialmente y sus características principales.



Lo que debes saber

Las fibras textiles se emplean en la fabricación de distintos productos, entre estos, la ropa, bolsas, sábanas, manteles, cortinas, alfombras, etc. Se dividen en dos categorías principales: fibras naturales y fibras sintéticas. Cada una tiene características propias, pero ¿cómo identificar y diferenciar estos tipos de fibras?

Las fibras naturales provienen de fuentes vegetales o animales y tienen como característica propia su **transpirabilidad** y comodidad.

Entre estas se encuentra el algodón, que proviene de la planta del algodón (*Gossypium hirsutum*), cuya característica es que se arruga fácilmente si la tomamos en un puño y la soltamos, además de que es muy suave y absorbente.

El **lino** proviene de la planta del mismo nombre, que, al igual que el algodón, es fresco y suave y se arruga fácilmente.

Las fibras naturales de origen animal son la lana y la seda.

La lana proviene del vellón de las ovejas; esta fibra es elástica, proporciona calor, por lo que es excelente para aislarnos del frío. Requiere de un proceso de lavado especial, ya que puede causar picazón (Boutrup y Ellis, 2018).

Por su parte, la seda proviene del capullo del gusano de seda; esta tela es suave, brillante, fuerte y elástica, así como ligera e hipoalergé-

nica y, al igual que la lana, es el tipo de textil que absorbe muy bien los tintes (**Figura 3**).

Las fibras sintéticas se producen a partir de **polímeros sintéticos** derivados del petróleo. Ejemplos de estos son el **poliéster**, el **nylon** y el **acrílico**, que tienen en común que son telas menos transpirables, resistentes a las arrugas y al encogimiento, elásticas; y, en el caso del acrílico, inflamables. Por otra parte, el **rayón**, si bien es de naturaleza celulósica, es de origen diverso, regenerado de distintos procesos industriales; además, es menos duradero y puede encogerse (**Figura 3**).

En la actualidad existen textiles combinados tanto de fibras naturales como sintéticas, como el algodón 80:20, con el fin de aprovechar las ventajas de cada material, su durabilidad, elasticidad y suavidad, entre otras propiedades.

Como ves, una forma de distinguir a las fibras naturales y sintéticas es que las primeras se arrugan fácilmente y son más suaves que las sintéticas, y absorben más agua. Otra forma es la prueba del quemado: las fibras naturales de origen vegetal, al quemar una punta de la tela, despiden un olor a papel quemado y se desmoronan fácilmente. Las fibras natura-



Figura 3. Ejemplos de fibras naturales y sintéticas: seda, nylon, lana, acrílico, algodón, poliéster y rayón.



les de origen animal, como la seda y la lana, al quemarse, huelen a cabello quemado, dada su naturaleza proteica. Por el contrario, las sintéticas se derriten y emiten un olor distinto a las naturales, un olor químico.

Ten en cuenta que los tintes naturales tiñen con mayor eficacia las telas de origen natural, por lo que en los procesos de teñido nos centraremos únicamente en estas fibras. Recuerda que para teñir estas fibras se requiere que estén bien limpias, libres de cualquier impureza, suciedad y otras sustancias que se obtienen en los procesos de hilado.



Lista de materiales

- Telas (algodón, lana o seda)
- Tijeras
- Encendedor
- Agua de la llave
- Jabón neutro
- Olla
- Estufa
- Pinzas



Desarrollo

1. Selecciona las telas con las que trabajarás.
2. Corta pedazos de 20 × 20 cm e intenta ver si se arrugan fácilmente; si es así, es una fibra natural.
3. Corta un pequeño trozo y, con ayuda de una persona adulta, enciende un extremo de la tela sin quemarte. Apaga y siente el olor que despiden: si es a papel es algodón o lino; si es a cabello quemado, es lana o seda. Ojo: la seda es más brillante y muy suave al tacto.
4. Las telas de 20 × 20 cm que cortaste, lávalas para eliminar impurezas.

5. Calienta agua en una olla que no se utilice para cocinar. Añade trozos de jabón neutro e introduce las fibras o telas; deja que la tela se mueva libremente en el recipiente durante una hora en calentamiento medio.
6. Al término del tiempo, déjalas reposar toda la noche. Ya frías, enjuágalas y deja escurrir sin exprimir (**Figura 4**).



Figura 4. Tipos de fibras naturales y proceso de lavado.



Nota:

Si bien la prueba de quemado de fibras es una práctica de bajo riesgo solo cuando se realiza con la ayuda de un adulto, igualmente se recomienda hacerla en un espacio bien ventilado y utilizando fragmentos pequeños.



Para concluir

Las telas de origen vegetal están constituidas de sustancias poliméricas conocidas como celulosa, un tipo de **polisacárido** complejo que se encuentra en las paredes celulares de las plantas, siendo el componente principal de las fibras vegetales, así como la madera y la paja.

Las fibras de origen animal, como la lana y la seda, están compuestas de proteínas fibrosas que se encuentran en la piel y el pelo de los animales como ovejas, cabras y conejos. La seda está compuesta de fibroína, una proteína fibrosa producida por los gusanos de seda. Ambas proteínas les dan a las fibras sus propiedades únicas de resistencia, suavidad y elasticidad. A diferencia de las sintéticas, las fibras naturales suelen ser más biodegradables y sostenibles.



Actividad 3. Preparación de las telas antes de teñir: procesos de mordentado.



Objetivo de la actividad

Conocer los procesos de preparación de la tela para el tinte mediante el empleo de mordientes.



Lo que debes saber

Los **mordientes** son sustancias que se usan en el proceso de teñido para fijar los tintes a las fibras textiles y que mejoran la durabilidad y la intensidad del color.

Generalmente, son sales metálicas que sirven como puente entre la fibra y el tinte. Pueden ser naturales o sintéticas, y se seleccionan según el tipo de fibra, las condiciones del baño de teñido y el tinte utilizado.

Un ejemplo de mordiente es el alumbre (sulfato de aluminio y potasio), un mineral parecido a una roca transparente que se disuelve fácilmente en agua y que comúnmente se utiliza para mordentar algodón, lana y seda.

También pueden emplearse ciertas partes de plantas, árboles y frutos como la cáscara de granada, la corteza del *chukum* (*Harvardia albicans*), la del roble y del mirto, especies ricas en unas sustancias astringentes llamadas **taninos**.

Otra sustancia natural que se emplea como mordiente es el **cremor tártaro**, que se obtiene de la industria vinícola y también se utiliza en repostería. Este mordiente da colores brillantes y protege a la tela de las condiciones del baño de teñido.

Existen otros, como las agallas de encino y algunas leguminosas como *Caesalpinia coriaria*, nombre científico que se le da al cascalote (de nombre comercial dividivi), cuyos frutos y corteza se emplean como mordientes; así como el fruto del árbol de guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), entre otras especies. Estos mordientes pueden incluso teñir el textil, por lo que también pueden emplearse como tintes.

Algunas tierras calizas, como el tequesquite (carbonato de sosa natural), el agua podrida, la cal, la lejía, la sal, el pulque y los orines, son algunas de las sustancias que se utilizan en distintas culturas para teñir textiles. Asimismo, algunos compuestos químicos se pueden usar para tal fin, como el acetato de aluminio, el sulfato de cobre, el sulfato ferroso o el cloruro de estaño. Sin embargo, algunos de ellos son muy tóxicos y pueden modificar el tono o el color del textil (Arroyo Ortiz, 2014).



Un ejemplo de la acción del mordiente en la fibra puede observarse en la **Figura 5**, donde la fibra de lana, que contiene tanto grupos amino como carboxílicos, puede teñirse al formarse un puente salino entre la fibra y el tinte aportado por la sal metálica (Hunger, 2002).

Los mordientes se pueden adicionar antes, durante o después del baño de teñido. Cabe señalar que, para mordentar cualquier textil, debemos asegurarnos de que esté completamente limpio.

Si queremos teñir la tela, pero primero queremos adicionar el mordiente, debemos pesarla para calcular la cantidad de mordiente a emplear. A este proceso previo al tinte se le llama premordentado. Si queremos mordentar y, al mismo tiempo, teñir, se dice que estamos realizando un mordentado simultáneo, y si, por el contrario, primero se realiza el teñido y luego se añade el mordiente, se llama posmordentado.

En cualquiera de estos procesos es importante pesar el textil seco antes del teñido.

Existen variantes de teñido, como lo es el teñido de tina o teñido con añil (*Indigofera tinctoria* e *Indigofera suffruticosa*); este proceso es distinto a los que generalmente se emplean para teñir, no requiere mordentar la tela y es un proceso complejo que no veremos en esta ocasión.

En esta actividad vamos a realizar el premordentado. Vamos a emplear alumbre y cremor tártaro como mordientes.



Lista de materiales

- Báscula
- Telas o fibras lavadas y secas (lana o algodón)
- Bitácora
- Alumbre (o sal)
- Cremor tártaro
- Estufa
- Olla
- Agua de la llave
- Pinzas
- Guantes



Desarrollo

1. Pesa las telas o fibras que quieras teñir y anota el peso en tu bitácora (puedes cortar cuadros de 5 × 5 cm de cada tela).
2. Calcula la cantidad de alumbre que emplearás: por cada 100 g de fibra o tela se requieren 25 g de alumbre. Si no tienes alumbre, puedes utilizar 100 g de sal por cada litro de agua.
3. Si son fibras a base de celulosa como el algodón o el lino, o bien proteicas como la lana, adiciona al peso de las telas 6 g de cremor tártaro por cada 100 g de tela.
4. Vierte agua en una olla y adiciona el alumbre y el cremor; ponla a fuego alto hasta que se disuelva completamente. Procura que haya suficiente agua para que las telas o fibras se muevan libremente.

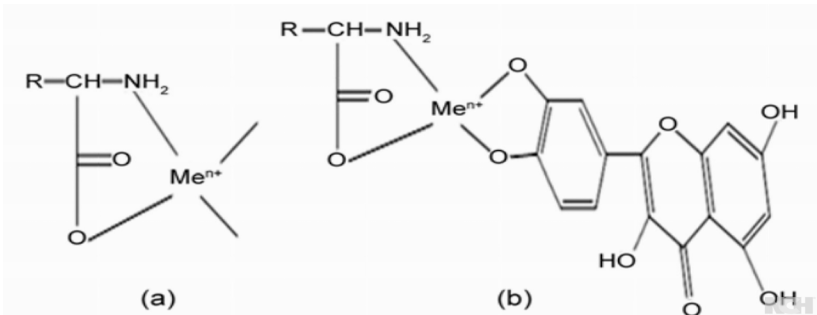


Figura 5. Enlace químico entre a) lana y mordiente y b) lana, mordiente y tinte natural (tomado de *The theory of coloration of textiles*, 1995).



5. Una vez disuelto el alumbre y el cremor, agrega las telas previamente humedecidas y deja calentar por una hora.
6. No olvides remover de vez en cuando las telas con una cuchara de madera para asegurar que se mordenten bien
7. Deja reposar hasta que se enfríen o, bien, deja remojar toda la noche.
8. Exprime si es algodón o escurre si es lana.
9. Tras este último paso, las telas ya están listas para el tinte.

Para concluir

Los mordientes son sustancias que nos ayudan a fijar los tintes a las fibras textiles y que mejoran la durabilidad y la intensidad del color. De acuerdo al tipo de textil o fibra natural, se selecciona el tipo de mordiente adecuado para cada caso. El alumbre es uno de los mordientes más comunes e inocuos que existen, pudiendo emplearse tanto para mordentar fibras a base de celulosa y fibras proteicas de origen animal.



Actividad 4. Variaciones de acidez o alcalinidad del baño de teñido y su efecto en las tonalidades de color de los tintes naturales



Objetivo de la actividad

Determinar el efecto del pH del baño de teñido en el color de la fibra.



Lo que debes saber

La **acidez** o **alcalinidad** del baño de teñido puede influir en el color que la fibra atrape al momento de teñir. Los cambios de color de los tintes bajo distintas condiciones de acidez o alcalinidad del baño se deben a variaciones en la estructura química de las sustancias responsables del color; un ejemplo claro son las antocianinas, compuestos químicos responsables de los colores rojo, morado o azul de muchas frutas, verduras o especies vegetales.

En una solución ácida, entre pH de 1 a 5, estos compuestos se protonan, es decir, se cargan positivamente, lo que da lugar a una pérdida de agua y cambia la estructura química de la molécula a una con mayores conjugaciones

(enlaces dobles), lo que produce tonalidades rojas. A pH neutros o ligeramente ácidos (6-7), dan tonos morados a violeta, mientras que, a pH alcalino o básico (8 a 10 o más), dan tonos azules a verdes (**Figura 6**).

Los mordientes pueden incrementar la acidez o alcalinidad del baño de teñido y con ello modificar el color del tinte.

Para saber el nivel de acidez o alcalinidad existe la escala de pH, que va de 1 al 14, donde el 7 es neutro y por debajo de ese valor es ácido y hacia arriba es alcalino. Si queremos conocer este valor, es necesario emplear tiras especiales para pH; al sumergir una (en este caso en el baño de teñido), ocurrirá un cambio de color, el cual debe compararse con la escala (normalmente viene impresa en su recipiente contenedor). Así, el color indicará el grado de acidez o alcalinidad del baño. En el laboratorio se emplea un equipo especial para medir el pH de una solución, conocido como pHmetro.

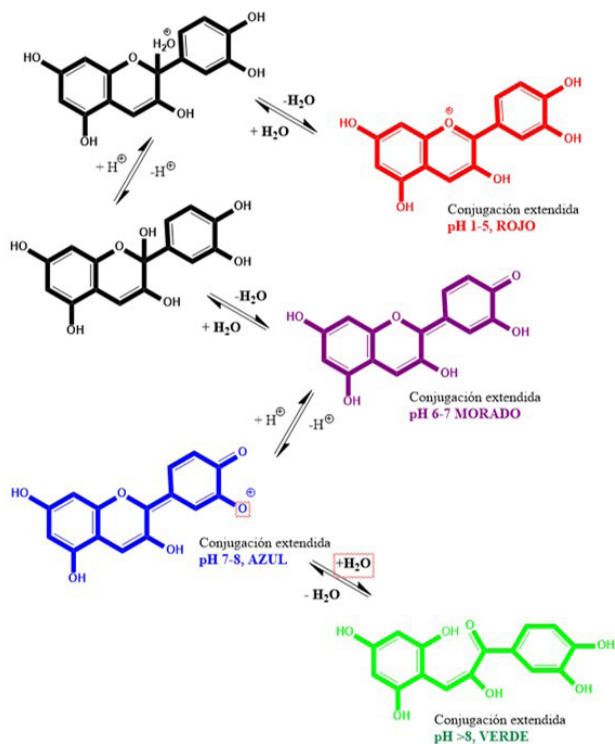


Figura 6. Efecto del pH en el color de los tintes obtenidos ricos en antocianinas.



Lista de materiales

Para este experimento, puedes jugar con la col morada, ya que esta verdura es rica en antocianinas, como las que se indicaron anteriormente, y da una gama de colores bajo distintas condiciones de pH y mordientes; también puedes emplear la cochinilla, si es fácil conseguirla en tu localidad o, bien, adquirirla comercialmente.

- Cuchillo
- Col morada
- Estufa
- Olla de peltre, de cristal o de acero inoxidable
- Agua purificada
- Colador
- 4 recipientes de peltre
- Telas naturales limpias, mordentadas y secas (pueden ser cuadros de 5 × 5 cm)

- Bicarbonato
- Cremor tártaro
- Alumbre
- Ácido cítrico
- Bitácora
- Cucharas de plástico
- Tiras de pH



Desarrollo

1. Corta en pedazos pequeños 1/4 de col morada y ponla a calentar a fuego medio en suficiente agua purificada (puede ser 1 litro) durante media hora.
2. Una vez fría, cuela la solución y elimina los sólidos.
3. El líquido restante puedes dividirlo en cuatro porciones (aproximadamente de 250 ml cada una) para utilizarlas para cada mordiente.
4. Humedece tus telas ya mordentadas (de la **Actividad 3**), empleando agua del grifo.
5. Una vez húmedas, introdúcelas al baño de teñido, o sea, a los 250 ml del extracto de col morada. Añade una cucharadita de cada uno de los modificadores de color (bicarbonato, alumbre, ácido cítrico, cremor) en distintos recipientes.
6. Si pudiste conseguir tiras de pH, revisa el nivel de cada solución y anota en tu bitácora.
7. En este punto, si es necesario, puedes añadir más agua al baño de teñido para que la tela este inmersa adecuadamente.
8. Deja calentar a fuego bajo por una hora cada baño de teñido y después en reposo, si es posible, toda la noche.
9. Al otro día, enjuaga y observa el color obtenido de cada tela.



10. Realiza un catálogo de tintes en tu bitácora y anota cada uno de los procedimientos que empleaste.



Nota

También se puede jugar con los distintos baños de tinte, tiñendo las telas de un color y luego de otro, dando como resultado una gama de colores.

Para concluir

Las condiciones de acidez o alcalinidad del baño de teñido modifican la estructura química de los componentes tintóreos y, por ende, la forma en que los tintes naturales se unen a las fibras textiles.

Los tintes naturales suelen ser más estables y se fijan mejor en ciertos rangos de pH. Tintes ácidos funcionan mejor en baños ácidos (pH 4-6). Los tintes básicos, como el índigo, funcionan mejor en baños alcalinos (pH 10-11).



Actividad 5. Prueba de resistencia del tinte a la luz solar



Objetivo de la actividad

Determinar la resistencia de las telas teñidas al ser expuestas a la luz solar.



Lo que debes saber

Las pruebas de resistencia del color en textiles son fundamentales para evaluar cómo los colores aplicados a las telas se comportarán bajo diversas condiciones.

Estas incluyen resistencia al lavado, en la cual se evalúa cómo el color resiste los ciclos de lavado y consiste en lavar la muestra de tela teñida en una lavadora estándar con detergente, secarla y comparar el color con una muestra teñida sin lavar.

La resistencia a los agentes químicos determina cómo el color resiste a la exposición a productos químicos como el cloro, los detergentes fuertes y otros agentes de limpieza; consiste en exponer la tela a soluciones específicas y evaluar la decoloración y la integridad del textil después de la exposición.

Por su parte, la resistencia al frotamiento en seco y en húmedo mide la transferencia de color desde la tela a otra superficie, seca o húmeda, cuando se frota. Esta prueba consiste en frotar la muestra de la tela contra una tela blanca estándar en condiciones secas, y luego en condiciones húmedas, para evaluar la cantidad de color transferido en ambas condiciones.

Finalmente, la resistencia a la luz o solidez a la luz solar determina cómo el color resiste la exposición a la luz solar. La prueba consiste en exponer una muestra de tela a una fuente de luz (generalmente lámparas de xenón) durante un periodo de tiempo definido. Así se evalúa la decoloración de acuerdo con una escala especial denominada escala de solidez a la luz (**Figura 7**).

Con las telas que teñiste, harás una prueba de resistencia a luz solar. Esta puede hacer que la intensidad del tinte disminuya, lo que significa que no es adecuado para usos cotidianos a la intemperie; sin embargo, esto no quiere decir que no se pueda emplear, ya que podría servir



para telas o adornos que no estén expuestos a la luz directa. Los mejores son aquellos que mantienen su intensidad o, bien, se destiñen menos con la exposición a la luz solar.



Figura 7. Resultado de las pruebas de resistencia a la exposición solar durante un mes de textiles teñidos con cortezas de palo de Campeche (*Haematoxylum campechianum* L.) y cochinilla (*Dactylopius coccus*).



Lista de materiales

- Cartón y pedazos de cartulina blanca
- Muestras de telas o fibras teñidas
- Cinta adhesiva



CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO

Con los resultados obtenidos durante el desarrollo de este proyecto, has ampliado tus conocimientos respecto a los tintes naturales y cómo podemos descubrir plantas con propiedades tintóreas.

También aprendiste qué tipo de fibras son las ideales para teñir con estos tintes y el empleo de los mordientes, auxiliares que ayudan a fijarlos en la tela.



Desarrollo

1. En una cartulina pega espaciadamente las telas o fibras teñidas.
2. Con un pedazo de cartón, tapa la mitad de la tela o fibra y deja la otra parte expuesta.
3. Cuelga la cartulina en una ventana por donde le dé el sol directamente.
4. Déjala expuesta por 30 días.
5. Al final, destapa la parte no expuesta y compara la intensidad de los colores.

Para concluir

En conclusión, el hecho de que la planta posea propiedades tintóreas no quiere decir que estas sean aptas para teñir o que sean permanentes y resistan las condiciones climáticas, entre otras.

Hay tintes que se decoloran a lo largo del tiempo expuestas a la luz solar, así como hay otros más resistentes; dichas propiedades dependen de una estructura molecular estable, como el índigo o algunos flavonoides, presencia de grupos cromóforos que pueden proteger el tinte, así como dar una buena fijación del tinte a la fibra,



SOBRE LA AUTORA

La **Dra. Rocío de Lourdes Borges Argáez** es doctora en Ciencias, egresada de la Southern Cross University, de Lismore, Australia. Cuenta con tres patentes y ha dirigido proyectos de investigación, además de haber participado en numerosas publicaciones de artículos de investigación. También ha asesorado a estudiantes de licenciatura y posgrado; actualmente es investigadora de la Unidad de Biotecnología del CICY.

Su interés en la investigación es la Biotecnología de Productos Naturales. Desde la secundaria, la asignatura que más le gustaba era la Química y su relación con la Biología. Es por ello que realizó una licenciatura en Química Farmacéutica Biológica; sin embargo, cuando tuvo la fortuna de realizar su tesis en el CICY, encontró en el estudio de las plantas y sus compuestos activos, su gran pasión.



GLOSARIO

Acidez: medida en que una sustancia tiene un pH bajo, es decir, un valor inferior a 7 en la escala de pH.

Alcalinidad: medida en que una sustancia tiene un pH alto, es decir, un valor superior a 7 en la escala de pH.

Ácido carmínico: pigmento rojo derivado de la cochinilla, utilizado como colorante natural en alimentos y cosméticos.

Acrílico: polímero sintético empleado en textiles y otras aplicaciones, conocido por su suavidad y similitud con la lana.

Caracol púrpura: pigmento púrpura obtenido de la secreción de ciertos moluscos marinos, utilizado históricamente en la tintorería.

Cremor tártaro: subproducto de la producción de vino, usado en la cocina y en algunas aplicaciones de teñido como agente mordiente.

Cromóforos: grupos de átomos dentro de una molécula, responsables de la absorción de luz visible, lo que resulta en la percepción del color.

Factores abióticos: son componentes no vivos de un ecosistema, como la temperatura, el agua y los minerales.

Factores bióticos: son componentes vivos de un ecosistema, como los insectos, las plantas y los animales.

Hemateína: derivado oxidado de la hematoxilina que se utiliza también como colorante en la tinción histológica, proporcionando un color azul o púrpura a los tejidos.

Hematoxilina: compuesto derivado del árbol de palo de Campeche, utilizado principalmente en histología como un colorante para tejidos biológicos.

Índigo: pigmento azul profundo derivado de la planta índigo (*Indigofera tinctoria*) o sintetizado químicamente.



Lana: fibra textil natural obtenida de las ovejas y otros animales, conocida por su capacidad de aislamiento térmico.

Lino: fibra textil natural obtenida de la planta del lino, conocida por su durabilidad y transpirabilidad.

Luteína: carotenoide amarillo que se encuentra en hojas verdes, flores y frutas, y es importante para la salud ocular.

Mordientes: sustancias utilizadas en el teñido de textiles para fijar los colorantes a las fibras, mejorando la durabilidad del color.

Nylon: polímero sintético utilizado en textiles y plásticos, conocido por su alta resistencia y elasticidad.

Pigmentos carotenoides: pigmentos naturales que se encuentran en plantas y otros organismos fotosintéticos, responsables de colores amarillos, naranjas y rojos.

Pigmentos naturales: sustancias que proporcionan color y que se encuentran en la naturaleza, en plantas, animales y minerales.

Poliéster: tipo de polímero sintético utilizado ampliamente en textiles, conocido por su resistencia y durabilidad.

Polímeros sintéticos: materiales formados por largas cadenas de moléculas repetitivas, creados mediante procesos químicos y usados en una variedad de productos.

Rayón: fibra semisintética derivada de la celulosa de plantas, utilizada en textiles por su similitud con la seda y el algodón.

Seda: fibra textil natural producida por las larvas de los gusanos de seda, apreciada por su suavidad y brillo.

Taninos: compuestos orgánicos naturales que se encuentran en plantas, utilizados en la curtición y como mordientes en el teñido de textiles.

Transpirabilidad: capacidad de un material para permitir el paso del vapor de agua, crucial para la comodidad en textiles y ropa.



REFERENCIAS

Arroyo Ortiz, L. (2014). *Tintes naturales mexicanos: su aplicación en algodón, henequén y lana*. Universidad Nacional Autónoma de México.

Boutrup, J., & Ellis, C. (2018). *The art and science of natural dyes*. Schiffer Publishing Ltd.

Cardon, D. (2007). *Natural dyes: Sources, tradition, technology and science*. Archetype Publications.

Hunger, K. (Ed.). (2002). *Industrial dyes: Chemistry, properties, applications*. Wiley-VCH.

Johnson, A. (1995). Chemistry of formation of coloured molecules in the fibre. En *The theory of coloration of textiles* (2da. ed., pp. 477–547). Society of Dyers and Colourists.



1S

Los inquilinos de seis patas en los jardines

Biól. Lilia Emma Carrillo Sánchez¹

Biól. Verónica Limones Briones²

Ing. Alfredo Dorantes Euan³

¹Jardín Botánico Regional "Roger Orellana" (JBR-RO)

²Unidad de Biotecnología

³Unidad de Recursos Naturales

Descripción

Las y los jóvenes podrán reconocer y clasificar los principales grupos de **insectos**, así como aprender dos técnicas de colecta y los procedimientos para su preservación y montaje.

Objetivo general

Conocer los cinco grupos más importantes de insectos, su relevancia y los principales métodos de colecta, montaje y **preservación** de estos organismos.



Materias afines

- Biología
- Química
- Geografía

¿Qué vas a aprender?

- Las principales etapas del método científico: observación, hipótesis, experimentación y conclusión.
- Las principales características que distinguen a los insectos y aquellas características especiales que les han permitido ser tan exitosos en su distribución a nivel mundial.

- La importancia de los insectos para el medio ambiente y su **conservación**.
- Aprender a fabricar **trampas** para atrapar insectos.
- La relevancia de la investigación científica de campo y de la elaboración de **colecciones científicas**.



Pregunta inicial

¿Los insectos son benéficos o perjudiciales para los seres humanos?



PANORAMA GENERAL DEL TEMA

Los insectos son los organismos del Reino Animal más abundantes en la naturaleza y son considerados como el grupo de seres vivos más variados del planeta.

Existen casi un millón de especies conocidas, es decir, que han sido identificadas por las personas expertas (entomólogos y entomólogas). Para hacerse una idea, tres cuartas partes de todas las especies de animales que habitan en este planeta son insectos. Además de esta diversidad tan grande, poseen una gran capacidad para adaptarse, por lo que viven en casi todos los hábitats que hay en la Tierra, con excepción de las regiones polares y del mar.

¿Pero qué son exactamente los insectos?

Para empezar, son animales que no tienen huesos, por lo que pertenecen al grupo de los invertebrados. También son artrópodos (animales de patas articuladas, como los ciempiés, camarones, arañas, etc.), pero se distinguen de dicho grupo por presentar las siguientes características generales: el cuerpo dividido

en tres partes (cabeza, tórax y abdomen), seis patas, un par de antenas y generalmente cuatro alas (aunque hay grupos, como el de las moscas, mosquitos y tábanos, en los cuales un par de ellas están atrofiadas o, simplemente, faltan, como en las pulgas y muchas especies de hormigas).

Los insectos, entre otras funciones benéficas que tienen dentro de los ecosistemas, realizan la polinización, la cual es imprescindible para que existan cosechas de los productos vegetales que comemos; sirven como control de plagas en los cultivos; son la principal fuente alimenticia para muchos animales e, inclusive, hay especies que son consumidas por el ser humano, como los gusanos de maguey y los chapulines. Además, existen especies que se utilizan en la industria y en la medicina; otras son fundamentales para los estudios de medicina forense y, por supuesto, para la ciencia.

Por otro lado, muchas especies de insectos, en su estado de **larva**, son importantes plagas de



cultivos, como las orugas de muchas especies de mariposas o las larvas de algunos escarabajos. Otras especies de insectos son transmisoras de enfermedades, como la enfermedad de Chagas, que es causada por un microorganismo que se encuentra hospedado en chinches de la familia Reduviidae, conocidas como pics, vinchucas o chinches besuconas.

Otros tipos de insectos que también son importantes transmisores de enfermedades peligrosas (como el dengue, la malaria, el chikungunya y el zika) son los mosquitos, pero no todas las especies, sino específicamente *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus*. Las moscas que pican y se alimentan de sangre pueden transmitir la enfermedad del sueño (en África) o la **leishmaniasis** (en América, Asia y África); mientras que las moscas domésticas, en sus patas, aparatos bucales, pelos, etc., pueden transportar los parásitos causantes de la tifoidea, el cólera, la disentería, la **giardiasis**, la **oxiuriasis**, la **ascariasis** y la **teniasis**, entre otras.

Sin embargo, existe una contraparte interesante: actualmente se han llevado a cabo investigaciones que sugieren que el sistema inmune de los insectos es tan efectivo que puede ser la clave para encontrar tratamientos

de algunas enfermedades hasta ahora consideradas incurables (Moreno García, 2010; Rodríguez et al., 2022).

Los insectos están por todas partes y en casi todos los ambientes y han estado en este mundo desde hace millones de años; pero actualmente hay muchos insectos que se extinguen todos los días, principalmente por el uso de insecticidas, la destrucción de los hábitats, la contaminación y el cambio climático, pero, sobre todo, debido al desconocimiento acerca de la importancia que los insectos tienen en el mundo. ¿Esto es quizás porque son muy pequeños, casi invisibles? ¿O tal vez porque existen muchísimos prejuicios y estereotipos negativos?

Lo que es un hecho es que la desinformación y la ignorancia pueden generar la idea de que los insectos (y otros tipos de «bichos») son agresivos y que su primera intención al ver a un ser humano es atacarlo, cuando, en general, es poco común que eso suceda (Fernández-Rubio, 2017)..

Esta es una gran oportunidad para que los y las adolescentes conozcan no solo la importancia, sino también la belleza y el mero derecho a la vida de los animales más abundantes de nuestro planeta.



PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

Este proyecto está planteado para que, al finalizar, los y las adolescentes conozcan las principales características que distinguen a los insectos y se formen una idea clara de su clasificación taxonómica, pudiendo ubicarlos y diferenciarlos de otros grupos de artrópodos; además de despertar su curiosidad sobre este grupo de organismos y su importancia en nuestra vida cotidiana.

Figura 1. Ejemplo de insecto en contenedor
(Imagen generada con Copilot).





DESARROLLO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



Actividad 1. Elaboración de trampas entomológicas: red aérea



Objetivo de la actividad

Elaborar la trampa de red aérea para atrapar insectos voladores.



Lo que debes saber

Con esta actividad inicial, evitarás lastimar a los insectos gracias a la trampa. Sin embargo, hay que tener mucho cuidado.



Lista de materiales

- Aro para bordar de 23 cm de diámetro
- 1 m de tela manta de cielo o de pabellón
- Hilo blanco
- Aguja
- Tubo de PVC o palo de madera de 1 m de largo
- Alambre
- Tijeras
- Alicates



Desarrollo

1. Engancha en el aro de bordado la tela (manta de cielo o pabellón), formando un tubo de 1 m de largo.
2. Con la aguja, cose con hilo blanco la tela alrededor del aro de bordado; al finalizar, corta el hilo con la tijera.
3. Une la tela por uno de los extremos utilizando el hilo y la aguja para cerrar esa parte abierta y déjala en forma de embudo.

4. Por último, corta con un alicate un pedazo de alambre; este lo usaremos para fijar el tubo de PVC o palo de madera al aro que ya tiene la malla.



Figura 2 y 3. Elaboración de redes entomológicas caseras (Imágenes de Lilia Carrillo).



Notas

- Si al usar el aro de bordado, no se ajusta bien, usa el hilo y aguja para reforzar esa área.
- Esta es una red para propósitos generales y el largo de la bolsa deber ser al menos el doble del diámetro del aro.



Para concluir

Elaborar esta red es una labor que implica desarrollar otras habilidades de los y las adolescentes.

El uso de redes para captura de insectos es ampliamente utilizado en estudios de esta índole; de hecho, sus primeros usos se remontan al siglo XVII, cuando se elaboraban con materiales disponibles en esa época (Nielsen, 2003).

Actualmente, existen mejores materiales para elaborar las redes; incluso hay algunos tipos de redes que son especiales para capturar insectos acuáticos (Márquez Luna, 2005).



Figura 4 y 5. Aprendiendo a usar redes entomológicas en la práctica de campo (Imágenes de Lilia Carrillo).



Actividad 2. Colecta de insectos



Objetivo de la actividad

Aprender dos técnicas de colecta de insectos.



Lo que debes saber

Los insectos voladores tienen alas muy delicadas (por ejemplo, las mariposas y las libélulas), que pueden llegar a romperse al intentar atraparlos. Por eso, es importante que, al coleccionar los insectos con la ayuda de la red, tengas cuidado con tus movimientos. También es importante que el recipiente de colecta tenga una tapa para que los insectos, que estarán vivos, no se escapen.



Lista de materiales

- Red aérea
- Frasco con tapa (contenedor)
- Hoja de papel bond
- Palito de madera



Desarrollo

Primera técnica: **red aérea.**

1. Recorre el jardín o alguna área abierta caminando despacio y en silencio.
2. Cuando veas algún insecto, realiza movimientos horizontales con la red, de derecha a izquierda, para atraparlo.
3. Al atrapar alguno, toma el extremo cerrado de la red y levántalo para que el o los insectos se dirijan hacia ese lado y así poder introducirlos después en el frasco con tapa.



Figura 6 y 7. Captura y observación de insectos con redes entomológicas (Imágenes de Lilia Carrillo).



Segunda técnica: **método para follaje.**

1. Mientras recorres el jardín, observa y revisa las hojas de las plantas, tanto por el haz (parte superior) como por el envés (parte inferior). Cuando encuentres alguno, recógelo e introdúcelo en el frasco, ya sea con ayuda de un palito o introduciendo la hoja.
2. Para capturar insectos del suelo, coloca el frasco boca abajo sobre el insecto. Desliza con cuidado una hoja de papel bond entre la superficie y la boca del frasco para «atraparlo» dentro. Sin retirar la hoja, voltea el frasco. Una vez asegurado, coloca la tapa para transportarlo, observarlo y, posteriormente, liberarlo. Esta técnica también puede aplicarse en hierbas, arbustos y árboles.



Figura 8 y 9. Captura de insectos del suelo mediante la técnica del vaso y la hoja (Imágenes generadas con Copilot).



Nota

No mates los insectos que encuentres. La mayoría son inofensivos y benéficos. Si deseas coleccionar alguno, procura que haya cumplido su ciclo de vida; seguramente podrás encontrar uno en la calle o en los parques.

Para concluir

Sé un observador u observadora de la naturaleza: disfruta y aprende cada día. Cuida y conserva los árboles de tu vecindario, son los mejores vecinos que puedes tener y en ellos pueden vivir una gran cantidad de insectos interesantes; así tendrás mayores probabilidades de recolectar varios tipos de ellos, los cuales podrás mantener en condiciones adecuadas, para después proceder a la preparación de un interesante **insectario**.



Actividad 3. Elaboración de tableros y rieles para montaje de insectos



Objetivo de la actividad

Aprender a preparar y preservar adecuadamente los insectos para su **montaje** y exposición en una caja entomológica casera (insectario).



Lo que debes saber

Los rieles para montaje se emplean principalmente para mariposas, polillas y libélulas, ya

que tienen alas frágiles y membranosas, y se ponen en posición horizontal para una mejor vista de las características de las especies.

Por otra parte, los tableros se usan para insectos medianos y grandes (p. ej. escarabajos y avispas); en estos se acomodan los insectos de tal manera que estén en una posición en la que se aprecien sus características esenciales para su identificación.



Lista de materiales

- 2 cuartos de pliego de unicel
- Cúter
- Pegamento
- Pinzas de relojero o pinzas de punta fina
- Alfileres entomológicos o alfileres grandes
- Hoja de papel bond
- Tijeras



Desarrollo



NOTA: Para realizar esta actividad, necesitas estar bajo la supervisión de una persona adulta.

1. Para elaborar el riel para montaje de mariposas y polillas, corta los pliegos de unicel en dos con un cúter, teniendo mucho cuidado.
2. Luego, una de las mitades la volverás a dividir en dos por la parte larga; rebaja $\frac{1}{2}$ cm de cada lado a cada una de las partes.
3. Por último, pega esas dos partes con pegamento líquido en la mitad que quedó sin cortar, dejando un espacio de 1 cm entre ellas. Deja secar durante 24 horas.
4. El otro pliego de unicel lo utilizarás para montar el resto de los insectos colectados.
5. Sacamos del frasco los insectos con mucho cuidado, utilizando pinzas de relojero.
6. Ponlos sobre el pliego de unicel y acomódalos utilizando las pinzas y los alfileres entomológicos.
7. Para realizar el montaje de las mariposas y polillas, se deberá colocar el cuerpo en la ranura, acomodarlo y, con ayuda de las pinzas, abrir las alas con mucho cuidado.

Para ello, nos apoyaremos en las pinzas, los alfileres y pedacitos rectangulares de 2 x 0.5 cm de papel bond, que previamente se deberán haber cortado.



Figura 10. Riel para montaje de mariposas (Imagen de Lilia Carrillo).



Figura 11. Montaje de insectos (Imagen de Lilia Carrillo).



Figura 12. Ejemplo de un insectario (Imagen de Lilia Carrillo).

Nota

Hay que tener cuidado al usar los alfileres para sujetar los insectos, además de procurar no maltratarlos.



Para concluir

Este es un paso importante en la elaboración de una colección de insectos. Hay que tener especial cuidado en acomodar la posición de las patas, alas, etc., de los insectos, ya que, con el paso del tiempo, estas partes se endurecen y no se pueden cambiar de posición y existe el riesgo de que, al tratar de hacerlo, se quiebren.



Actividad 4. Elaboración de una caja entomológica casera



Objetivo de la actividad

Aprender a elaborar una caja entomológica para montar y preservar los insectos colectados.



Lista de materiales

- Caja de 18 x 18 cm y 5 cm de alto (de preferencia de madera o aglomerado y con tapa)
- Cúter o tijera
- ¼ de pliego de unicel
- Papel blanco para forrar el unicel, de preferencia terciopelo
- Pegamento
- Opcionalmente, papel celofán blanco (transparente)



Desarrollo

Para realizar esta caja entomológica, trabajarás con mucha limpieza a fin de que la caja quede en las mejores condiciones posibles para poder presentarla en la exposición final.

1. Corta el pedazo de unicel del tamaño de la caja e introdúcelo cerciorándote de que quede perfectamente embonado dentro de la caja.
2. Si la caja tiene tapa, le harás un corte cuadrado para después ponerle un pedazo del papel transparente del mismo tamaño. El objetivo es que, con esto, la caja se mantenga cerrada y se puedan observar los insectos sin abrirla.
3. Con cuidado, quita los alfileres utilizados para fijar la posición de los insectos en las rieles y tableros, para no dañar los ejemplares.

4. Traslada los insectos a la caja entomológica para formar el insectario.
5. Acomódalos en la caja, agrupados taxonómicamente por la categoría de **Orden**.



Figura 13. Caja entomológica casera (Imagen de Lilia Carrillo).



Figura 14. Elaboración de caja entomológica (Imagen de Lilia Carrillo).

Notas



- Hay que tener cuidado para evitar accidentes al usar el cúter para hacer los cortes de la caja. Cuando lo uses, hazlo frente a una persona adulta.
- Para observar con más detalle a los insectos, se recomienda el uso de una lupa.

Para concluir

Con esta actividad conseguimos un museo en miniatura, donde los insectos colectados pueden mostrarse y observarse de cerca, permitiéndonos reconocer con claridad sus estructuras más importantes.



CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO

En los jardines, visibles o escondidos, los insectos han sido siempre los inquilinos más constantes. Escarabajos que transforman la materia en nueva vida, abejas que sostienen la polinización y millones de especies que equilibran silenciosamente los ecosistemas. Su presencia nos recuerda que la naturaleza se construye desde lo diminuto. Así, el insectario no es solo una colección de cajas: es una puerta abierta al mundo oculto de los insectos.



Figura 15. Ejemplos de cajas entomológicas terminadas (Imagen de Lilia Carrillo).



SOBRE LAS AUTORAS Y EL AUTOR

Lilia Emma Carrillo Sánchez es licenciada en Biología con especialidad en Cambio climático y Protocolo de Kioto. Ingresó al CICY en el año 1998 como técnica del Jardín Botánico. En 2003 se incorporó a la línea de Cambio Global Ambiental y en 2013 se sumó nuevamente al equipo del Jardín Botánico Regional “Roger Orellana” del CICY. Ha publicado 30 artículos científicos y de divulgación, así como 7 libros; ha llevado a cabo cinco estancias de investigación en México y Europa e impartido más de 30 cursos de licenciatura y educación continua. Actualmente, es coordinadora de colección y horticultura del Jardín Botánico Regional “Roger Orellana” del CICY.

Verónica Limones Briones realizó sus estudios de licenciatura en la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, en la ciudad de Morelia, Michoacán. Cuenta con un diplomado en Biología Molecular, con experiencia en transformación genética de plantas. Es Técnica Académica de

la Unidad de Biotecnología del CICY. Ha publicado 20 artículos científicos y de divulgación, así como dos capítulos de libros. Participa en el programa de Mentorías en STEAM desde el año 2020, así como en el programa de Vocaciones Científicas en Niñas de Yucatán, que organiza la ENES, campus Mérida, Yucatán.

Alfredo Dorantes Euan es ingeniero agrónomo de formación por el Instituto Tecnológico de Conkal. Es Técnico Académico desde 1998 en la Unidad de Recursos Naturales del Centro de Investigación Científica de Yucatán. Ha participado como coautor en la publicación de nueve libros, 15 artículos científicos y cinco artículos de divulgación científica. Apoya en los proyectos de investigación de estudiantes de licenciatura, maestría, doctorado y posdoctorado. Es miembro del Comité Organizador del Festival de las Aves Toh y responsable del monitoreo de aves en el Jardín Botánico Regional “Roger Orellana” desde 2016.



GLOSARIO

Ascariasis: infección parasitaria intestinal causada por *Ascaris lumbricoides*, mejor conocida como «lombriz intestinal».

Colecciones científicas: conjunto ordenado de cosas, reunidas por su especial interés o valor.

Conservación: mantenimiento o restablecimiento en un estado favorable del patrimonio natural y la biodiversidad, en particular de los hábitats naturales y seminaturales y de las poblaciones de especies de fauna y flora silvestres, así como el conjunto de medidas necesarias para conseguirlo.

Entomología: parte de la zoología que estudia los insectos.

Giardiasis: infección intestinal caracterizada por cólicos estomacales, hinchazón, náuseas y episodios de diarrea, causada por un parásito llamado *Giardia lamblia*.

Insectario: caja de uso escolar en la que se ordenan ejemplares de insectos.

Insectos: son una clase del Reino Animal que pertenece al *phylum* de los artrópodos; su cuerpo está dividido en cabeza, tórax y abdomen y presentan, en general, dos pares de alas, un par de antenas y tres pares de patas.

Larva: fase juvenil de los animales con desarrollo indirecto o metamorfosis.

Leishmaniasis: enfermedad parasitaria diseminada por la picadura de una mosca infectada por un parásito llamado *Leishmania*.

Montaje: técnica utilizada para conservar ejemplares en seco en colecciones científicas.

Orden: cada uno de los grupos taxonómicos en los que se dividen las clases y que se subdividen en familias.

Oxiuriasis: infección parasitaria intestinal causada por un gusano llamado *Enterobius vermicularis*.

Preservación: mantenimiento de los ejemplares colectados en las mejores condiciones para su estudio o exhibición.

Teniasis: enfermedad parasitaria del intestino humano producida comúnmente por *Taenia saginata*, conocida como «solitaria».

Trampas: artificio que sirve para cazar a un animal, atrapándolo mediante engaño.



Referencias

- Moreno García, M. (2010). *El eficaz sistema inmune de los insectos*. *Ciencia y Desarrollo*. Recuperado de <https://www.cyd.conacyt.gob.mx/archivo/239/Articulos/SistemaInmuneInsectos/SistemaInmuneInsectos2.html>
- Fernández-Rubio, F. (2017). El impacto de los insectos sobre la mente humana. *Argutorio: Revista de la Asociación Cultural "Monte Irago"*, 19(38), 98–110. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6110779>
- Márquez Luna, J. (2005). Técnicas de colecta y preservación de insectos. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, (37), 385–408. Recuperado de <http://sea-entomologia.org/PDF/GeneraInsectorum/GE-0056.pdf>
- Nielsen, V. (2003). Métodos para recolectar insectos. *Revista de Agricultura Tropical*, 33, 59–68. Recuperado de <https://www.kerwa.ucr.ac.cr/server/api/core/bitstreams/31571df6-327f-4add-ad6c-cae827207709/content>
- Real Academia Española. (2024). *Diccionario panhispánico del español jurídico*. Recuperado de <https://dpej.rae.es/lema/conservaci%C3%B3n-de-la-naturaleza>
- Rodríguez, L., Hernández-Martínez, P., & Escriche, B. (2022). El sistema inmune de los insectos: algo más complejo que simples barreras. *Inmunología*, 41(3). Recuperado de https://www.inmunologia.org/images/site/revista/JULIO-SEPTIEMBRE-2022/7.2_Pano2_SEI41.3.pdf



3S

Ponte las pilas y generemos hidrógeno

M. C. José Martín Baas López

M. C. Enrique Escobedo Hernández

Dr. Gilver Rosero Chasoy

Dra. Mónica Arely Lucio García

Dra. Paola Navid García Hernández

Unidad de Energía Renovable

Descripción

Las y los participantes conocerán la problemática de la contaminación ambiental que generan las pilas como desechos, y construirán un electrolizador casero a partir de baterías usadas para comprender los principios básicos de la electrólisis en la producción de hidrógeno y la generación de energía a partir de este.

Objetivo general

Conocer las partes que componen las baterías y cómo, tras haber cumplido su uso, pueden ser empleadas para producir hidrógeno mediante un electrolizador casero.



Materias afines

- Química
- Biología
- Medio ambiente



Pregunta inicial

¿El hidrógeno almacena o genera energía?



PANORAMA GENERAL DEL TEMA

¿Quién no ha escuchado hablar sobre las pilas, mejor conocidas como **baterías**?

Estos dispositivos, que almacenan energía química y la convierten en energía eléctrica, se encuentran inmersos en nuestra vida diaria; de hecho, sin esta fuente de energía portátil no sería posible la operación de varios dispositivos electrónicos, como los teléfonos inteligentes (**Figura 1**), que en la actualidad son muy útiles e incluso necesarios.

Sus múltiples aplicaciones van desde el arranque de vehículos de combustión interna hasta la autonomía en kilómetros de vehículos eléctricos (Agencia de Transporte de Yucatán, 2026), sin dejar de lado su presencia como respaldo energético en sistemas de **energía renovable** durante sus intermitencias, debidas a cambios climáticos y a los ciclos del día y la noche.

El principio de operación de estas pilas se comprende al entender cómo funciona una celda electroquímica, la cual es el elemento básico que las compone. Veamos la **Figura 2**, en donde se observa un esquema de una celda electroquímica. La celda es un contenedor en el cual hay un **electrolito**, o incluso dos, como se muestra en este esquema. Se observan dos láminas metálicas sumergidas en los electrolitos: una de zinc (Zn) y otra de cobre (Cu); a

¿Qué vas a aprender?

- Cómo funcionan las baterías.
- Tipos de electrolitos y sus propiedades.
- La importancia y usos del hidrógeno.
- Cómo generar hidrógeno de manera casera.

estas dos láminas las llamaremos electrodos. A los electrodos con carga negativa los denominaremos **ánodos**, y **cátodos** a los que tienen carga positiva.



Figura 1. Batería LED, batería de dispositivo móvil y IE-TRAM, transporte público de la ciudad de Mérida, Yucatán, México.

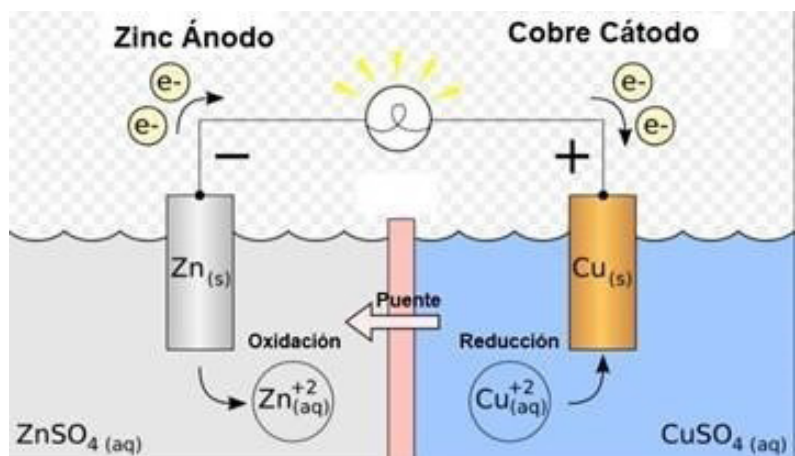


Figura 2. Celda electroquímica.



La corriente eléctrica que genera la celda electroquímica se debe a dos procesos llamados oxidación y reducción. Concentrémonos en la lámina de zinc (Zn): al estar en contacto con el electrolito se oxida, lo que significa que pierde electrones, quedando la placa con carga negativa. Cuando esto ocurre, se desprenden iones de Zn, los cuales viajan por el electrolito.

En la lámina de cobre (Cu) ocurre un fenómeno similar al estar en contacto con el electrolito; sin embargo, el cobre no se oxida fácilmente, por lo que requiere la llegada de electrones. Así, si unimos ambas placas mediante un conductor eléctrico, podemos hacer que los electrones fluyan hacia la placa de cobre y permitir que este proceso ocurra.

Mientras esto sucede, podemos aprovechar el flujo de electrones para encender un LED u otra aplicación.

A grandes rasgos, podemos clasificar a las baterías, con respecto a la duración de la carga, en primarias (no recargables) y secundarias (recargables).

Una de las tecnologías de pilas primarias es la pila zinc-carbón (**Figura 3**), o pila Leclanché; se

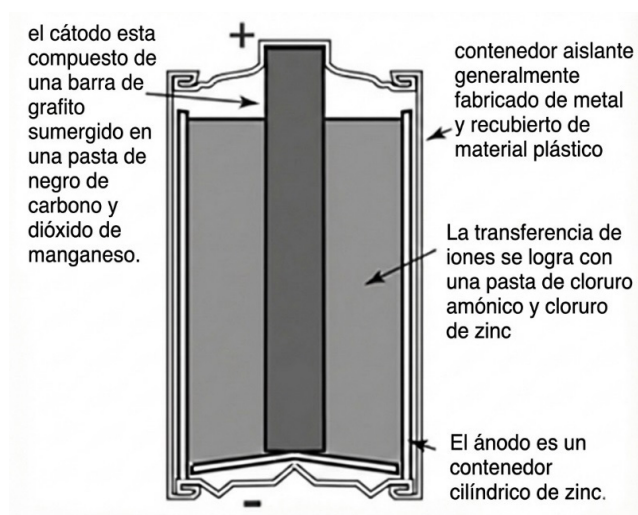


Figura 3. Esquema de una pila de zinc-carbón.

inventó en 1866 y fue la más común entre las baterías pequeñas durante la mayor parte del siglo XX.

La oxidación en el electrodo de zinc (el ánodo) es sencilla y similar a la de otras celdas, como la celda de Daniell. Las otras reacciones implican el MnO_2 , que se encuentra cerca del centro de la varilla de carbono, y el NH_4Cl y el ZnCl_2 , que constituyen el grueso de la pasta entre el cátodo y el ánodo.

Aunque existen distintos tipos de pilas denominadas estándar, todas cuentan con los mismos componentes básicos:

- **Carcasa:** revestimiento de acero que aloja los distintos componentes que conforman la pila.
- **Cátodo:** mezcla de dióxido de manganeso y carbono; es el electrodo que se reduce en la reacción química.
- **Separador:** tejido fibroso que separa el cátodo del ánodo.
- **Ánodo:** compuesto por zinc en polvo; es el electrodo que se oxida en la reacción química.
- **Electrolito:** solución de hidróxido de potasio en agua, que proporciona el medio adecuado para el movimiento de los iones dentro de la pila.
- **Colector:** elemento metálico, generalmente un alfiler de bronce ubicado en el centro de la pila, que conduce la electricidad hacia el circuito exterior.

Básicamente, las pilas generan energía, y esto es gracias a uno o más metales que pueden contener, ya sea como componentes primarios o como impurezas, entre ellos plomo (Pb), zinc (Zn), litio (Li), cadmio (Cd), manganeso (Mn), mercurio (Hg), plata (Ag) y níquel (Ni).



También, en esta configuración, es necesario contar con un medio conductor de corriente eléctrica, que puede ser un electrodo de carbón y un electrolito a base de hidróxido (de potasio o sodio) y cloruro de sodio. Asimismo, como sellos en las baterías podemos encontrar plástico, papel y lámina metálica.

Debido a la presencia de todos estos materiales, las baterías tienen un impacto ambiental tanto en su fabricación como en su eliminación, siendo esta última la más peligrosa, ya que queda a consideración de la persona usuaria final disponer las baterías en un centro de reciclaje.

Es importante reciclar las baterías adecuadamente para minimizar los efectos negativos en el medio ambiente, ya que la mayoría son desechadas como parte de los residuos sólidos urbanos o en cuerpos de agua, y esto puede afectar la salud de la población.

Se estima que en México cada habitante consume, en promedio, seis (6) pilas primarias no recargables al año. Cabe mencionar que en el año 2001 se suspendió en nuestro país la producción de pilas; razón por la cual el 100% de las pilas son importadas, por lo que en México también se comercializan aquellas que cuentan con tecnologías de última generación (Agencia de Transporte de Yucatán, 2026).

En este proyecto, reciclaremos los electrodos de grafito de pilas que no funcionan para producir uno de los elementos químicos que ha tomado gran interés en los últimos años, conocido como **hidrógeno** (H_2). Aunque es un elemento abundante en la naturaleza, un gran porcentaje se encuentra combinado con otros elementos, como el oxígeno, para formar agua, o con carbono, formando hidrocarburos.

Para producir el H_2 , emplearemos la técnica de **electrólisis**, en la cual el agua es el elemento principal. Los electrodos reciclados de las pilas serán sumergidos en agua, separándolos en

dos grupos: uno llamado cátodo o terminal negativa y otro ánodo o terminal positiva. Estos electrodos recibirán energía eléctrica de una fuente de energía renovable, pudiendo ser, por ejemplo, la energía generada por un panel solar, un generador eólico, etcétera, y se observará la formación de burbujas alrededor de cada electrodo, tanto positivo como negativo, que indican la separación de las moléculas del agua, es decir, la formación de hidrógeno y oxígeno.

El interés por generar un combustible como el H_2 mediante electrólisis, utilizando alguna fuente de energía renovable, radica en que este proceso produce el hidrógeno de una forma limpia y eficiente. Es decir, no se producen gases de efecto invernadero que ocasionen daños a la salud humana, al medio ambiente y contribuyan al **cambio climático**. La producción del H_2 utilizando esta técnica es conocida como hidrógeno verde.

Es importante resaltar que se ha considerado que el H_2 tiene el potencial necesario para sustituir al petróleo, el cual es el combustible fósil que actualmente seguimos utilizando y que, como sabemos, al quemarse produce gases y partículas que contaminan el planeta. Además, se estima que en un futuro cercano los combustibles fósiles (petróleo, gas natural y carbón) lleguen a su fin.

Por otra parte, el H_2 ha cobrado gran interés por las empresas automotrices, las industrias y los centros de investigación. Si el hidrógeno se utiliza con otros dispositivos llamados celdas de combustible y, además, se les suministra oxígeno, se produce una reacción química que genera electricidad, la cual puede servir, por ejemplo, para mover el motor de un vehículo eléctrico o para ser utilizada en el hogar, una fábrica u oficina, entre otros usos. Esto ayudaría a reducir las emisiones contaminantes y representaría una alternativa que podría eliminar el uso de los combustibles fósiles, creando un futuro energético limpio y seguro.



PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto te brindará conocimientos teóricos y prácticos sobre el mundo de las baterías y su potencial para contribuir a la producción de hidrógeno, una fuente de energía limpia y renovable.

Aprenderás sobre los componentes de una batería y cómo se pueden reutilizar baterías viejas para generar hidrógeno de manera eficiente y sostenible, a partir de la construcción de un electrolizador casero.



DESARROLLO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



Actividad 1. Partes de las baterías



Objetivo de la actividad

Observar cómo están construidas las pilas comerciales e identificar sus componentes principales.



Lo que debes saber

Tamaños y formatos de pilas y baterías

La importancia del formato de una pila o una batería es crucial. Antes de realizar una compra, revisa qué tipo de pila necesitan tus aparatos electrónicos y la cantidad necesaria.

La **Figura 4** resume los principales elementos que se encuentran en muchos dispositivos. Por norma internacional, la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC, por sus siglas en inglés) ha impuesto un tamaño estándar; sin embargo, en varios países se utilizan referencias por letras (AA, C, D, etc.), mientras que en otros se emplean referencias con letras y dígitos (AA, LR20, 6LR61).



Figura 4. Formatos y nomenclaturas estándar de pilas



Lista de materiales

- Servilleta de papel
- 10 baterías de zinc-carbón recicladas (pueden ser de tamaños AAA, AA o D)
- Guantes de látex
- Cuchillo o cúter
- Pinzas eléctricas
- Recipientes de vidrio
- 2 bolsas para depositar residuos



Desarrollo

1. Las pilas están cerradas herméticamente, por lo que es posible que tengas dificultades para desarmarlas. Lo primero que debes hacer es ordenar el área donde realizarás este experimento. Usa servilletas para evitar derrames sobre la mesa. Es muy importante que te coloques correctamente los guantes; si no logras conseguirlos, usa una tela o franela con el fin de evitar cortes accidentales.
2. Todas las pilas tienen forma cilíndrica y cuentan con dos tapas: una inferior (colector de corriente negativo) y otra superior, la cual no es plana y presenta un escalón sobresaliente (positivo). Con el cúter, realiza un corte sobre la superficie lateral para rasgar el empaque donde se encuentra la marca y el modelo de la pila (ver **Figura 5**). Retira el empaque; si el recubrimiento es metálico, usa pinzas para quitarlo.

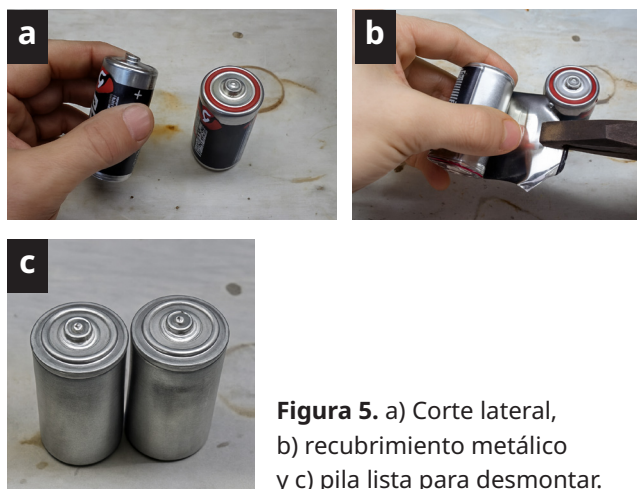


Figura 5. a) Corte lateral, b) recubrimiento metálico y c) pila lista para desmontar.

3. En ocasiones, las pilas pueden tener un recubrimiento extra, generalmente de plástico; asegúrate de retirarlo. Una vez retirado el recubrimiento, debe desprenderse la terminal negativa (base inferior de la pila). Cada marca y modelo de pila

presenta diferentes configuraciones de ensamblaje. En este paso, así debe quedar tu pila (ver **Figura 5c**).

4. Ahora retirarás la barra de carbón de la pila (es parte del ánodo); para ello, usarás las pinzas. Quita la terminal positiva (parte superior de la pila), como se muestra en la **Figura 6**; después, sujeta la barra de grafito con una servilleta para no dañarla. Gira la carcasa de la pila lentamente para ir soltando la barra. Limpia el grafito con la servilleta para retirar el exceso de electrolito; esta pieza es muy importante, ya que nos servirá para la **Actividad 3**.



Figura 6. a) Pila sin empaque y b) retiro de barra de carbón.

5. Ahora identificarás las partes restantes. Del interior del contenedor cilíndrico, retira la pasta de color negro, la cual corresponde al material del cátodo, Mn_2O_3 (dióxido de manganeso); guárdala en un recipiente de vidrio. La otra pieza es el metal que contenía el Mn_2O_3 , el cual es zinc (Zn) y se utiliza como ánodo; colócalo en otro recipiente de vidrio y etiqueta cada frasco según el material. Otra parte muy importante es el separador de papel, el cual tiene la función de evitar el cortocircuito entre el material Mn_2O_3 y el Zn.
6. Por último, repite este procedimiento para el resto de las pilas, que serán necesarias para la **Actividad 3**. Este también sirve para las pilas alcalinas, las cuales no tienen barra de grafito, pero utilizan tecnologías similares.

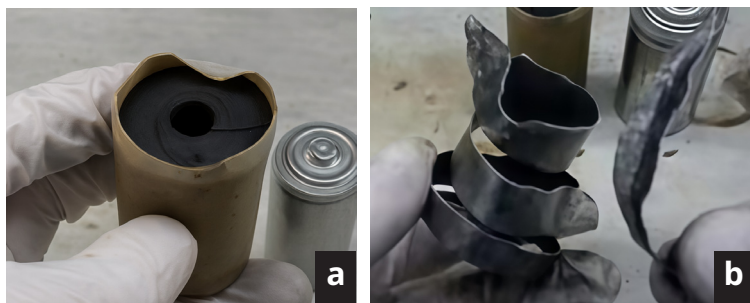


Figura 7. a) Pasta de carbón con Mn_2O_3 y b) carcasa de zinc.

Nota

Los guantes y las servilletas utilizados deben desecharse una vez terminada la práctica. Las baterías usadas deben desecharse de manera adecuada en los contenedores designados para este fin.



Para concluir

En esta actividad se logró desarmar una pila de zinc-carbón para identificar sus componentes principales. Recuperaste 10 barras de grafito que servirán para una actividad posterior. También separaste oportunamente desechos que pudieron terminar en el relleno sanitario, como son el zinc y el dióxido de manganeso. Se puede usar el mismo procedimiento para identificar las pilas con tecnología denominada alcalina.



Actividad 2. Elaboración de una batería casera



Objetivo de la actividad

Aprender a fabricar una batería con materiales que se pueden encontrar en casa y conocer cómo los electrolitos influyen en el funcionamiento de las baterías.



Lista de materiales

- Lata de aluminio (de refresco o jugo)
- Tijeras
- Lija #320 de agua
- Tubo (1/2" o 3/4") o tira de cobre de 3 cm de largo
- Martillo o marro
- 2 caimanos eléctricos
- Vaso de plástico o de vidrio (también se puede utilizar un frasco pequeño)
- Voltímetro o multímetro

Para los electrolitos

- Refresco gaseoso
- Agua de la llave
- 6 cucharas de sal de mesa
- Vinagre (blanco o de manzana)
- Jugo de 3 limones
- Jugo de fruta de caja (manzana, uva, fresa o naranja)



Desarrollo

1. Enjuaga la lata de aluminio; así evitarás que tenga residuos del líquido que contenía (**Figura 8**).

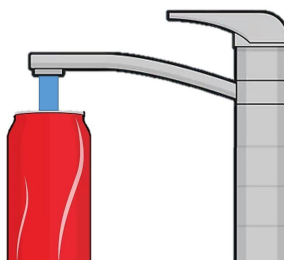


Figura 8. Lava la lata con agua de la llave.



- Una vez limpia, córtala cuidadosamente, de tal forma que obtengas una tira de 3 x 2 cm de aluminio (**Figura 9**).

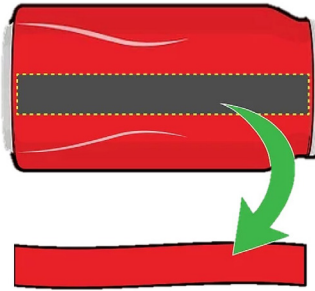


Figura 9. Corta con tijeras la tira de aluminio.

- Lija la tira de aluminio por ambos lados (**Figura 10**). Esto se hace para remover la capa de pintura de la parte exterior y el recubrimiento interno que tiene la lata para aislar el aluminio de la bebida.

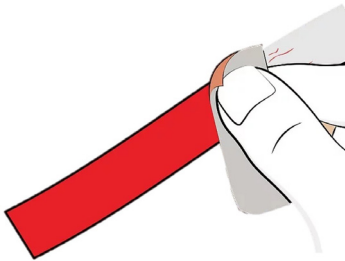


Figura 10. Lija cuidadosamente la tira de aluminio.

- Con ayuda del martillo, aplana el tubo o tira de cobre (**Figura 11**).



Figura 11. Haz que el tubo o la tira quede lo más plana posible.



- Una vez que tienes las dos tiras (aluminio y cobre), hazles un pequeño doblez en uno de los extremos para que sirvan como gancho en el vaso o frasco (**Figura 12**).

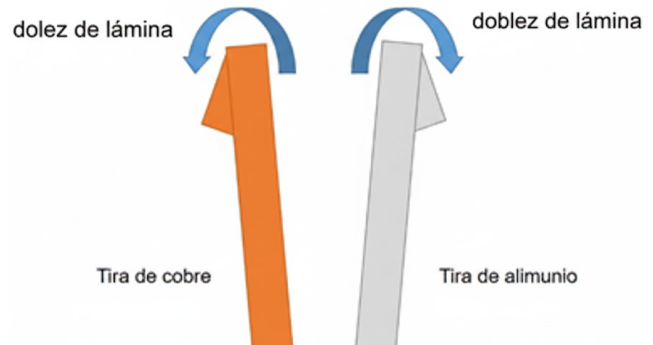


Figura 12. Pequeño doblez en uno de los extremos de cada tira.

- Sobre el doblez de cada tira de metal, coloca un caimán eléctrico (**Figura 13**).

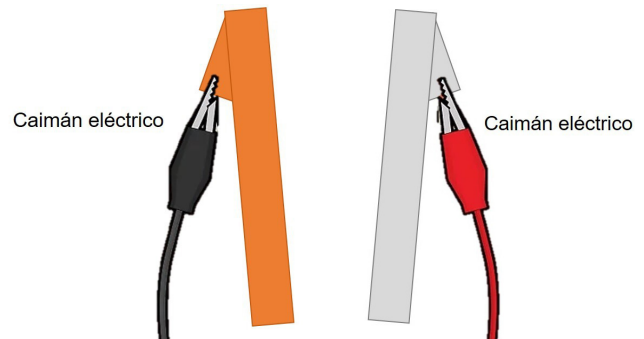


Figura 13. Caimanes eléctricos sobre los dobleces.

- Toma el vaso o recipiente a utilizar y vierte el refresco hasta llenar $\frac{3}{4}$ partes, como se muestra en la **Figura 14**.

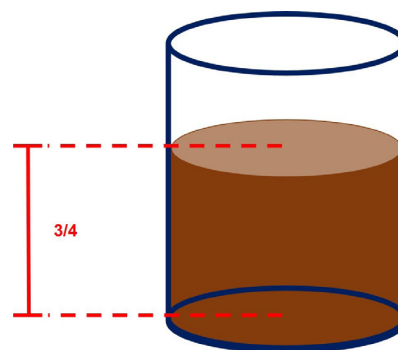


Figura 14. Recipiente con $\frac{3}{4}$ de refresco.

- Posteriormente, introduce las tiras metálicas cuidadosamente, una frente de la otra, evitando que lleguen a tocarse, para que queden como se muestra en la **Figura 15**.

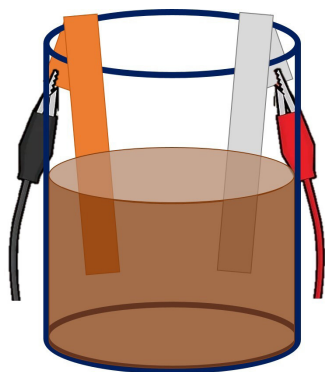


Figura 15. Batería casera.

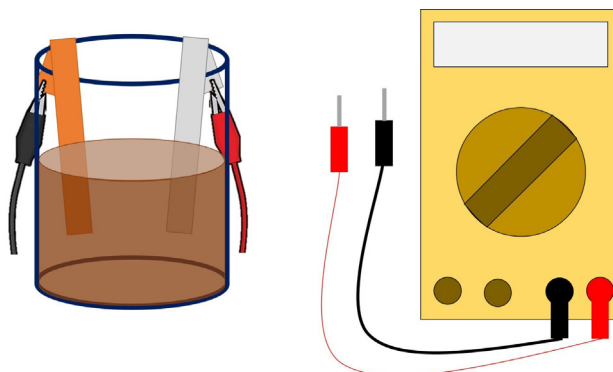


Figura 16. Medición del voltaje de la pila.

9. Con ayuda del voltímetro o **multímetro**, realiza la medición del voltaje conectando cada terminal del equipo a una de las tiras de metal (puedes seguir las instrucciones que vienen con el aparato). Los resultados de las lecturas de voltaje se anotarán en la **Tabla 1**.
10. Ahora probaremos la influencia de usar diferentes electrolitos con las láminas de cobre y aluminio. Retira el excedente del refresco gaseoso con un poco de agua y, posteriormente, agrega jugo de manzana de cajita.

11. Conecta el multímetro a la terminal de cobre y al aluminio como se muestra en la **Figura 16**, registrando el resultado en la Tabla 1. Recuerda anotar el electrolito que usaste.
12. Repite el paso anterior para los siguientes electrolitos restantes: vinagre blanco, jugo de limón (exprime previamente el jugo de 3 limones y reserva para la prueba), y agua con sal (diluye 6 cucharas de sal en un vaso con agua).

Nota

En la tabla debes anotar todos los electrolitos de los que se realicen mediciones. Una vez utilizado el electrolito, este debe desecharse y no reutilizarse para consumo.



Para concluir

Con esta actividad, se obtuvieron conocimientos generales sobre cómo los electrolitos contenidos en las baterías influyen en el voltaje que puede ser entregado a otros dispositivos, además de identificar los componentes más básicos para fabricar una pila.

Tabla 1. Voltaje usando diferentes electrolitos

Electrolito	Electrodo 1	Electrodo 2	Voltaje (V)
Refresco gaseoso	Aluminio	Cobre	



Actividad 3. Electrólisis del agua



Objetivo de la actividad

Explorar el concepto de electrólisis para la generación de hidrógeno a partir de la construcción de un electrolizador casero.



Lo que debes saber

Electrólisis

La electrólisis es un proceso en el que se utiliza electricidad para dividir una sustancia en sus partes más simples. Por ejemplo, si tenemos agua (H_2O), podemos usar la electrólisis para separarla en hidrógeno (H_2) y oxígeno (O_2). Para hacerlo, se colocan dos alambres, llamados electrodos, en el agua y se conectan a una fuente de electricidad. Cuando se enciende la corriente eléctrica, esta viaja a través del agua y provoca que las moléculas se separen en hidrógeno y oxígeno, los cuales pueden recolectarse por separado (Creative Science, 2021).

Hidrógeno

Es un gas incoloro e inodoro, además de ser el elemento más ligero y abundante del universo. Funciona como un bloque de construcción básico que se encuentra en muchas sustancias, incluso el agua. Cuando se habla de hidrógeno en términos de energía, se hace referencia a su uso como combustible limpio. Esto significa que, al quemar hidrógeno para producir energía, no se contamina el aire con gases dañinos, ya que únicamente se produce agua. Por esta razón, el hidrógeno es considerado una opción muy prometedora para un futuro con energías más limpias y sostenibles (Rosero-Chasoy et al., 2023).

Oxígeno

Es un gas incoloro e inodoro que es esencial para la vida en la Tierra. Lo respiramos cada vez que inhalamos aire y es necesario para

que nuestro cuerpo obtenga energía de los alimentos que consumimos. Las plantas también producen oxígeno durante la fotosíntesis, un proceso mediante el cual convierten la luz del sol en energía. Sin oxígeno, los seres humanos y la mayoría de los animales no podrían sobrevivir.



Lista de materiales

- Dos láminas de madera (abatelenguas)
- Herramienta para perforar
- Barras de carbón (**Actividad 1**)
- Alambre de cobre
- Una botella con capacidad para 1 litro de agua de boca ancha
- Plumones negro y rojo
- Agua
- Sal de cocina
- Cautín
- Estaño para soldar
- Multímetro
- Silicón
- Manguera plástica



Desarrollo

1. Toma los abatelenguas y realiza diez perforaciones alineadas en cada uno, como se muestra en la **Figura 17**. Estas perforaciones servirán como soporte para colocar las barras de carbón que funcionarán como electrodos del sistema.
2. Elige 10 barras (varillas) de carbón (de las obtenidas en la **Actividad 1**). Coloca de manera intercalada cinco varillas en uno de los abatelenguas de madera, asegurándote de que queden alineadas. Este conjunto corresponderá a la terminal positiva, conocida como ánodo, como se muestra en la **Figura 18**.

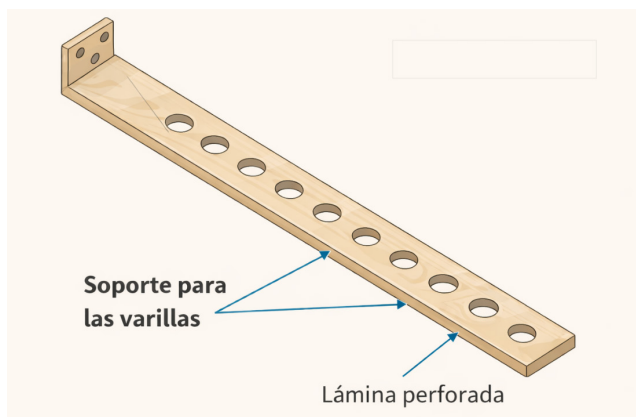


Figura 17. Lámina perforada que soportará las varillas de carbón.



Figura 18. Acomodo de las varillas de carbón sobre la lámina de madera.

- Igualmente, coloca de manera intercalada y alineada las otras cinco varillas de carbón en la segunda lámina de madera. Este conjunto funcionará como la terminal negativa, llamada cátodo, como se muestra en la **Figura 19**.

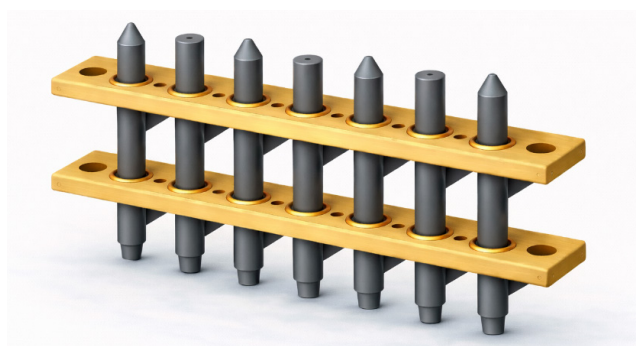


Figura 19. Acomodo de las varillas de carbón sobre la segunda lámina de madera.

- Una vez colocadas las barras de carbón sobre los abatelenguas de madera, utiliza el alambre de cobre para unir las dando tres vueltas firmes alrededor de cada una. Es fundamental que el alambre de cobre conecte únicamente las varillas correspondientes al ánodo. Para realizar la conexión de manera correcta, une la barra de carbón número 1 con la número 3; esta, a su vez, debe conectarse con la número 5 y continuar con las barras 7 y 9 (ver **Figura 20**). Deja un excedente de aproximadamente 25 cm de alambre, el cual se empleará posteriormente para la conexión eléctrica. Asegúrate de que el cobre no entre en contacto con las varillas del cátodo, ya que dicho contacto impediría el correcto funcionamiento del experimento.
- Repite el mismo procedimiento para unir con alambre de cobre las varillas que conforman el cátodo. Al igual que en el paso anterior, deja un excedente de aproximadamente 25 cm de alambre al finalizar la unión y verifica que no exista contacto con las varillas del ánodo.

Conexión eléctrica de las barras de carbón

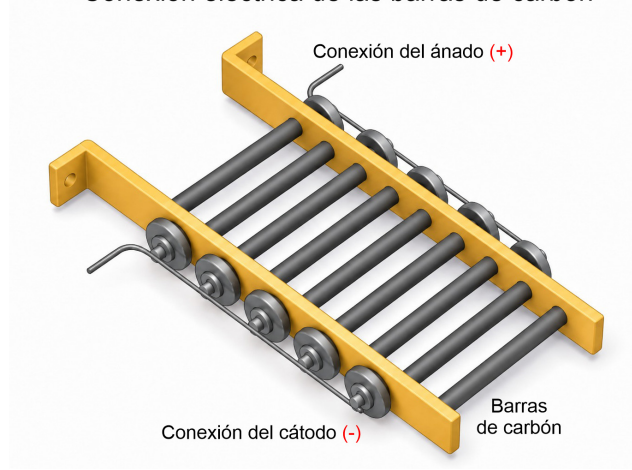


Figura 20. Construcción del ánodo y cátodo con hilo de cobre.



6. Una vez terminada la construcción de los electrodos, prepara el contenedor del electrolito. Para ello, perfora la tapa del recipiente plástico con dos orificios, los cuales permitirán el paso de los alambres de cobre de 25 cm que dejamos para el ánodo y al cátodo, como se muestra en la **Figura 21**.



Figura 21. Preparación del contenedor del electrolito.

7. Identifica claramente los orificios de la tapa por donde saldrán los alambres de cobre, marcando de preferencia con un plumón; de rojo la terminal positiva (ánodo) y de negro para la negativa (cátodo), tal como se ilustra en la **Figura 22**.



Figura 22. Instalación del ánodo y cátodo.

8. Llena $\frac{3}{4}$ partes del recipiente con agua y agrega seis cucharadas de sal. Mezcla hasta que se disuelva completamente y coloca la tapa. Posteriormente, introduce con cuidado el ánodo y el cátodo dentro del recipiente, asegurándote que estén sumergidos en el agua como se muestra en la **Figura 23**.



Figura 23.
Electrolizador
casero para producir
hidrógeno.

9. Para finalizar, conecta una fuente de energía al electrolizador. Esta puede ser una fuente renovable, como un panel solar o un generador eólico; en caso de no contar con alguno, puede utilizarse una pila nueva, como se ilustra en la **Figura 24**. Al realizar la conexión, se observará la formación de burbujas: en el ánodo se producirá oxígeno y en el cátodo se producirá hidrógeno. Este dispositivo se conoce como electrolizador.



Figura 24.
Funcionamiento
del electrolizador
casero.



Notas

Este experimento permite demostrar que, a partir del agua, es posible obtener dos gases distintos. Uno de ellos es el hidrógeno, un gas combustible que, si se produce y utiliza de manera adecuada y segura, puede emplearse para generar electricidad. El otro gas es el oxígeno, que no es inflamable. Ambos se obtienen a partir del agua, una fuente renovable, y su aprovechamiento puede contribuir a la reducción de la contaminación asociada a las fuentes tradicionales de energía.

Es importante señalar que, aunque en este experimento la cantidad de hidrógeno producida es muy pequeña, se trata de un gas combustible que puede representar riesgos si entra en contacto con el fuego. Por esta razón, su manejo debe realizarse con precaución y siempre bajo la supervisión de personal capacitado, siguiendo medidas básicas de seguridad.

Para concluir

Al finalizar la actividad, la o el participante adquirirá conocimientos sobre el aprovechamiento de residuos, la construcción de un electrolizador y el proceso de la electrólisis del agua para generar hidrógeno como fuente de energía limpia.



CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO

Se demostró la efectividad de desarmar pilas de zinc-carbón para recuperar componentes esenciales como barras de grafito, evitando así la contaminación del relleno sanitario con desechos como Zn y Mn_2O_3 . Además, se adquirió entendimiento sobre la influencia de los electro-

litos en el voltaje de las baterías y se aprendieron los componentes básicos para su fabricación.

Finalmente, se fomenta el conocimiento sobre el aprovechamiento de residuos, la construcción de un electrolizador casero y el proceso de electrólisis para generar hidrógeno como energía sostenible.



SOBRE LOS AUTORES Y AUTORAS

El **M. C. José Martín Baas López** es Técnico Asociado B en la Unidad de Energía Renovable del Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY). Es maestro en Ciencias en Energía Renovable por el CICY desde 2015 e ingeniero químico por el Instituto Tecnológico de Mérida desde 2009. Trabaja en el CICY desde el 2019, y sus trabajos se enfocan en la síntesis de materiales para el almacenamiento de energía.

El **M. C. Enrique Escobedo Hernández** es Técnico Académico Titular C en la Unidad de Energía Renovable del Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY). Es maestro en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica por el Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET) desde 2006 e ingeniero mecánico-electricista por la Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica (FIME) de la Universidad Veracruzana desde 1996. En 2009 ingresó al CICY, donde ha colaborado en trabajos relacionados con el desarrollo de prototipos, aplicando tecnología del hidrógeno y sistemas termosolares.

La **Dra. Mónica Arely Lucio García** se encuentra realizando una estancia posdoctoral en el Centro de Investigación Científica de Yucatán. Es doctora en Materiales por el Centro de Investigación en Materiales Avanzados, maestra en Ingeniería y Ciencias Aplicadas por

el CIICAp-UAEM e ingeniería química por la Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería de la UAEM. Tiene experiencia en electroquímica, corrosión y celdas de combustible; sus principales trabajos han sido publicados en revistas internacionales indizadas. Actualmente pertenece al Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores, nivel 1.

El **Dr. Gilver Rosero Chasoy** es Técnico Académico Asociado C en la Unidad de Energía Renovable del Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY). Es especialista en la caracterización y transformación de biomasa, estadística inferencial, análisis de datos para optimizar procesos, dinámica de fluidos computacional (CFD) aplicada a la ingeniería y simulación de procesos. Actualmente, su línea de investigación es la producción de alimentos y energía sustentable.

La **Dra. Paola Navid García Hernández** actualmente realiza su estancia posdoctoral en el Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY). Es doctora en Ciencias desde 2022 y maestra en Ciencias desde 2013, ambos grados obtenidos en el CICY, y es ingeniera en Energía por la Universidad Politécnica de Chiapas desde 2011. Su área de estudio se enfoca en la síntesis de materiales para el almacenamiento de energía.



GLOSARIO

Ánodo: electrodo en una celda electroquímica donde ocurre la oxidación, es decir, la pérdida de electrones. En la electrólisis, el ánodo es el polo positivo.

Batería: dispositivo que almacena energía química y la convierte en energía eléctrica. Consiste en una o más celdas electroquímicas con electrodos y electrolitos.



Cambio climático: variación significativa y duradera en los patrones climáticos globales y regionales, generalmente atribuida a la actividad humana, especialmente a la emisión de gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono. El cambio climático se manifiesta en fenómenos como el aumento de las temperaturas globales, el derretimiento de los glaciares, el incremento del nivel del mar y la alteración de los patrones de precipitación.

Cátodo: electrodo en una celda electroquímica donde ocurre la reducción, es decir, la ganancia de electrones. En la electrólisis, el cátodo es el polo negativo.

Electrólisis: proceso químico en el que se usa una corriente eléctrica para provocar una reacción no espontánea. Se utiliza comúnmente para descomponer compuestos, como el agua, en hidrógeno y oxígeno.

Electrolito: sustancia que, al disolverse en agua u otro solvente, produce una solución que puede conducir electricidad. En las baterías, el electrolito permite el flujo de iones entre los electrodos.

Energía renovable: energía que se obtiene de recursos naturales que se regeneran de manera continua y sostenible, como la luz solar, el viento, la lluvia, las mareas, las olas y el calor geotérmico. Ejemplos de fuentes de energía renovable incluyen la energía solar, eólica, hidroeléctrica y la biomasa.

Hidrógeno: elemento químico con el símbolo H y número atómico 1. Es el elemento más ligero y abundante en el universo, y se utiliza como combustible y en diversos procesos industriales.

Multímetro: instrumento de medición utilizado para verificar diversas magnitudes eléctricas, como voltaje, corriente y resistencia. Es una herramienta esencial en la electrónica y la electricidad.

Sustentabilidad ambiental: práctica y principio que buscan satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades. Implica el uso responsable y eficiente de los recursos naturales, la reducción de la contaminación y la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad.



REFERENCIAS

Agencia de Transporte de Yucatán. (2026). *Ruta Aeropuerto*. Recuperado el 25 de mayo de 2026, de <https://transporteyucatan.org.mx/ruta-aeropuerto>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2018). *Guía para el consumo y manejo sustentable de pilas*. Gobierno de México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/300512/Gu_a_para_el_consumo_sustentable_de_pilas.pdf

Rosero-Chasoy, G., Rodríguez-Jasso, R. M., Aguilar, C. N., Buitrón, G., Chairez, I., & Ruiz, H. A. (2023). Green hydrogen production: A critical review. En *Green approach to alternative fuel for a sustainable future* (pp. 381–390). Elsevier.

Creative Science. (2021, 12 de mayo). *Water into hydrogen – Simple hydrogen generator from carbon pin* [Video]. YouTube. <https://youtu.be/08XGs7pZSIE?si=aYapThgel6gyGqMp>



4S

Proteínas: luces, cámara y iacción!

Dr. César de los Santos Briones

Dra. Blondy Beatriz Canto Canché

M. C. José Rufino Gómez Tah

M. C. Jewel Nicole Anna Todd

Unidad de Biotecnología

Descripción

Las y los participantes conocerán el papel de las **proteínas** en los organismos vivos, específicamente en las plantas. Descubrirán que existen diferentes tipos de proteínas, como las estructurales, de transporte y con funciones enzimáticas, las cuales desempeñan funciones vitales y que, además, pueden ser aprovechadas por el ser humano mediante la **biotecnología**.

Objetivo general

Conocer a las proteínas, sus funciones, aplicaciones y las fuentes de donde provienen para ser aprovechadas en la actualidad.



Materias afines

- Biología
- Bioquímica
- Metabolismo celular
- Química

Pregunta inicial



¿Cuál es la importancia de las proteínas en nuestro medio?

¿Qué vas a aprender?

- Las etapas del método científico implementando actividades didácticas.
- Tipos de proteínas y sus características.
- Las aplicaciones biotecnológicas de las proteínas.
- Técnicas y métodos del laboratorio que pueden desarrollarse con materiales e instrumentos sencillos.



PANORAMA GENERAL DEL TEMA

Desde la prehistoria, el ser humano ha aprovechado las plantas de diversas maneras para satisfacer sus necesidades básicas, como la alimentación y la obtención de materiales para construcción. Además de satisfacer lo básico, el conocimiento adquirido a través del tiempo ha permitido una gran variedad de aplicaciones de los recursos que nos proveen las plantas (Milla et al., 2015).

Por ejemplo, muchos medicamentos y tratamientos clínicos provienen de las plantas. La **fitoterapia** utiliza compuestos naturales de estas para tratar diferentes enfermedades y otras condiciones médicas; tal es el caso de la **aspirina** derivada del sauce (*Salicilis cortex*) y la **quinina** de la corteza de la quina (*Cinchona officinalis*) para tratar la malaria.

Por otro lado, las plantas son de suma importancia en la alimentación humana, pues son fuente primaria de nutrientes como los carbohidratos y las proteínas, de las cuales las legumbres (soya, lentejas, garbanzos) y los granos (quinoa, amaranto) tienen riqueza en proteínas y pueden cubrir una parte significativa de las necesidades proteicas humanas (Eser et al., 2019).

Actualmente, el estudio de las proteínas vegetales ha tenido un impacto significativo en la biología, la medicina, la biotecnología y la agricultura. Se han sentado las bases para el avance científico y tecnológico en múltiples áreas, mejorando nuestra comprensión del mundo natural y permitiendo el desarrollo de soluciones innovadoras para diversos desafíos en la salud humana y también en el medio ambiente.

Las proteínas son componentes esenciales de todas las células vivas y desempeñan roles críticos en prácticamente todos los procesos biológicos, desde proveer los bloques de construcción de estructuras celulares hasta regular los procesos celulares que mantienen la vida de la célula.

El conocimiento de las proteínas ha impulsado el desarrollo de medicamentos y terapias avanzadas, desde la producción de **proteínas recombinantes** para tratar enfermedades hasta el diseño de terapias dirigidas que actúan específicamente sobre proteínas específicas implicadas en las enfermedades (Draper et al., 2015).

En el ámbito agrícola y alimentario, entender a las proteínas ha permitido mejorar los culti-



vos, diseñar alimentos más nutritivos y seguros para abordar problemas de **seguridad alimentaria** a través de la biotecnología agrícola (FAO, 2023). Las proteínas recombinantes están capturando la atención del sector industrial debido a la necesidad de desarrollar procesos eficientes, ante la creciente demanda orillada por el aumento de la población mundial.

Las proteínas recombinantes son producidas mediante técnicas de **ingeniería genética**, donde se insertan genes de interés en organismos hospedadores, como bacterias, levaduras, células vegetales o animales, para que estos produzcan grandes cantidades de la proteína deseada (Puetz y Wurm, 2019).

Clasificar a las proteínas debe hacerse principalmente de acuerdo con su función; dentro de estas se encuentran las proteínas con funciones enzimáticas, que favorecen y aceleran el inicio y el final de las reacciones químicas en los organismos vivos.

Algunas de las proteínas con funciones enzimáticas son:

Amilasas: son enzimas que **catalizan** la hidrólisis de los **enlaces glucosídicos** en los carbohidratos, específicamente en el almidón y el glucógeno, para producir azúcares simples

como maltosa y glucosa. Las amilasas juegan un papel crucial en la digestión de carbohidratos en los seres humanos y otros animales, así como en diversas aplicaciones industriales. Hay varios tipos de amilasas, clasificadas según su origen y función.

Proteasas: son enzimas que catalizan la hidrólisis de los **enlaces peptídicos** en las proteínas. Estas enzimas son esenciales en diferentes procesos biológicos, desde la digestión de alimentos como carne hasta la regulación de la actividad de la célula y la destrucción de proteínas mal hechas.

Lipasas: son enzimas que catalizan la hidrólisis de los **enlaces éster** en los lípidos, específicamente los triglicéridos, para liberar ácidos grasos y glicerol. Estas enzimas son cruciales en la digestión y el metabolismo de las grasas en los seres vivos y tienen aplicaciones industriales en diversos campos.

En resumen, conocer los diferentes tipos de proteínas y sus funciones nos permitirá acercarnos a los avances científicos actuales y aprender que este tema es crucial para avanzar en el desarrollo humano, en especial en el campo de la biotecnología, para el desarrollo de opciones sostenibles y eficientes para problemas actuales y futuros.



PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

Este proyecto se diseñó para introducir a las y los estudiantes al mundo de las proteínas, sus tipos y sus aplicaciones. Bajo el título «Proteínas: luces, cámara y acción!», presentamos a las proteínas como las protagonistas en la

obtención de bienes y servicios para el ser humano. Mediante las actividades didácticas planteadas, se conocerán los distintos tipos de proteínas y las funciones que realizan al ser expuestas a diferentes alimentos y sustratos.



DESARROLLO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



Actividad 1. Determinación de actividad enzimática: amilasas



Objetivo de la actividad

Conocer la función biológica de algunas proteínas mediante la actividad enzimática en órganos de reserva de algunos cereales.



Lo que debes saber

Los granos de cereales y algunas frutas son órganos vegetales que contienen compuestos útiles como reserva energética en forma de azúcares y lípidos. También contienen proteínas (amilasas), cuya función es convertir los azúcares complejos (almidones) en azúcares más simples (trisacáridos, disacáridos y monosacáridos).

La mezcla de los cereales molidos con agua se convierte en un caldo o sopa azucarada que, al llevarla a una temperatura óptima, activa algunas proteínas, o bien, algunas proteínas se ponen en acción (a 67 °C para las amilasas) para descomponer los polisacáridos y convertirlos en moléculas de menor tamaño.

La conversión de azúcares simples solo ocurrirá mediante un proceso llevado a cabo por enzimas (proteínas) que, de manera natural, se encuentran, en este caso, en los granos de los cereales.



Lista de materiales

- Olla o cacerola para baño María
- Agua purificada
- Termómetro
- 25 g de arroz
- 25 g de avena
- 25 g de maíz
- 25 g de cebada

- Procesador de alimentos, molcajete o mortero de cocina
- 4 frascos limpios de aprox. 250 ml (tazas, frascos de comida para bebé, de mayonesa, de mostaza, etc.)
- 5 goteros, popotes o cucharitas para tomar muestras líquidas
- Refractómetro
- Yodo
- Un plato



Desarrollo

1. Prepara un baño de María colocando el agua en una olla. La temperatura deberá mantenerse todo el tiempo a 67 °C (mide con el termómetro).
2. Muele (tritura) cada uno de los cereales en el procesador de alimentos. Alternativamente, puedes utilizar un molcajete o mortero de cocina.
3. Marca los frascos, cada uno con el nombre del cereal correspondiente.
4. Transfiere el cereal molido a su respectivo frasco.
5. Agrega 100 ml (aprox. media taza) de agua purificada a cada uno de los frascos y mezcla bien.
6. Toma una muestra de cada solución (con el gotero, popote o cucharita) y colócala en el plato. Esta muestra corresponderá al tiempo cero.
7. Mezcla esta muestra con un volumen igual de yodo y anota el color resultante.

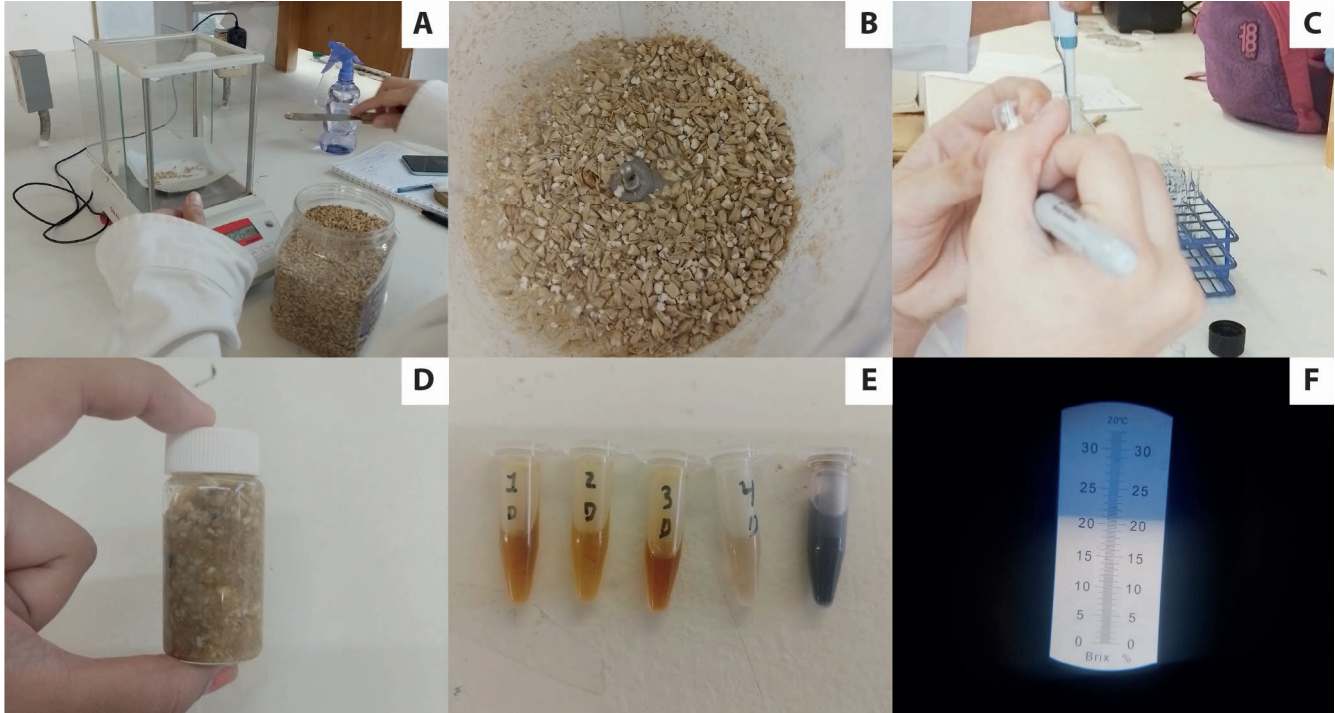


Figura 1. Determinación de la actividad enzimática de las amilasas. A) Pesado de los cereales, B) molienda o trituración, C) marcado de los frascos, D) cereal triturado en un frasco con agua pura, E) soluciones incubadas a 67 °C durante una hora, y F) lectura de una solución en grados Brix (cantidad de azúcares) medidos en un refractómetro.

8. Incuba cada uno de los frascos en el baño de María (67 °C) durante 1 hora.
9. Toma una muestra de cada solución a los 10 minutos de incubación (tiempo 10). Mezcla esta muestra con un volumen igual de yodo. Anota el color resultante.
10. Toma una muestra de cada solución a los 20 minutos de incubación (tiempo 20). Mezcla esta muestra con un volumen igual de yodo. Anota el color resultante.
11. Toma una muestra de cada solución a los 30 minutos de incubación (tiempo 30). Mezcla esta muestra con un volumen igual de yodo. Anota el color resultante.
12. Toma una muestra de cada solución a los 40 minutos de incubación (tiempo 40). Mezcla esta muestra con un volumen igual de yodo. Anota el color resultante.
13. Toma una muestra de cada solución a los 50 minutos de incubación (tiempo 50). Mezcla esta muestra con un volumen igual de yodo. Anota el color resultante.
14. Toma una muestra de cada solución a los 60 minutos de incubación (tiempo 60). Mezcla esta muestra con un volumen igual de yodo. Anota el color resultante.

Opcional

- Alternativamente o paralelamente, si se cuenta con un refractómetro, mide los grados Brix (°Bx) en cada punto muestreado para cada una de las soluciones.
- Si cuentas con un espectrofotómetro, puedes monitorear la concentración de almidón midiendo la absorbancia de cada muestra en cada punto muestreado a 620 nm.



Notas



- En el caso de los cereales, debes triturar uno a la vez.
- Tritura o muele en el procesador de alimentos con cinco pulsaciones de dos segundos cada una.
- En el caso del molcajete o mortero de cocina, la trituration o molido se realiza hasta notar que los granos están quebrados en cuatro partes.
- El refractómetro se puede obtener mediante la compra en tiendas en línea.

Para concluir

Con la actividad pudimos demostrar la función de las amilasas obteniendo como producto una fuente de energía en órganos de reserva para la germinación de los granos de cereales. Dentro de los granos de los cereales encontramos una gran cantidad de polisacáridos y un cierto contenido de diferentes proteínas con actividad catalítica. Al hidratar la malta con agua y a una temperatura óptima, conseguimos «activar» esas enzimas, las cuales están «programadas» para descomponer el almidón en azúcares más simples.



Actividad 2. Observación cualitativa de la actividad enzimática: proteasas



Objetivo de la actividad

Conocer la función biológica de algunas proteínas mediante la actividad enzimática en órganos de reserva de algunas plantas.



Lo que debes saber

Algunos órganos vegetales, como las frutas y las semillas (granos), contienen compuestos útiles como reserva energética. Además, contienen proteínas (proteasas), cuya función es convertir esta reserva (entre ellas, las proteínas) en materia disponible y utilizable (péptidos pequeños y/o aminoácidos).



Lista de materiales

- Una olla mediana
- Una cuchara grande de madera
- Una taza

- 25 g (3 cucharadas) de leche en polvo libre de grasas (descremada)
- 1 sobre de grenetina (7 g) o media taza de fécula de maíz (maicena)
- 4 frascos pequeños de vidrio con tapa de rosca (pueden ser de mayonesa, mermelada, café o papilla; preferible que todos sean del mismo tamaño y estén totalmente limpios y secos).
- Agua purificada (1 taza)
- 5 trozos medianos de papaya (50 g)
- 5 trozos medianos de piña (50 g)
- 25 g de hojuelas de avena
- 25 g de granos de cebada
- Procesador de alimentos o licuadora
- 5 goteros, popotes o cucharitas para tomar muestras líquidas



Desarrollo

1. Mezcla la leche en polvo con una taza de agua purificada (250 ml). Calienta hasta que llegue a la ebullición.



2. Hidrata la grenetina con 1/3 de taza de agua.
3. Agrega la grenetina hidratada a la leche caliente y mezcla bien. Deja enfriar a temperatura ambiente.
4. Vierte y reparte la leche en cada frasco en volúmenes iguales. Espera a que gelifique y tápalos.
5. Muele (tritura) por separado cada una de las frutas y los cereales (papaya, piña, avena y cebada) con 1/3 de taza de agua (aprox. 80-90 ml) en el procesador de alimentos (o licuadora). El resultado de este proceso será un «extracto vegetal».
6. Etiqueta los frascos, cada uno con el nombre de cada cereal o fruta.
7. Agrega cinco gotas de cada extracto vegetal en su correspondiente frasco etiquetado; esto es, distribuye las cinco gotas por la superficie del gelificado procurando la permanencia de cada gota en un punto único.
8. Incuba los frascos a temperatura ambiente. Si deseas y tienes acceso a una incubadora, puedes probar diferentes temperaturas (37 °C, 45 °C, 55 °C).
9. Realiza una observación cada 30 minutos en el área donde se colocaron las gotas del extracto vegetal y anota el tiempo en el que se observe un halo transparente.

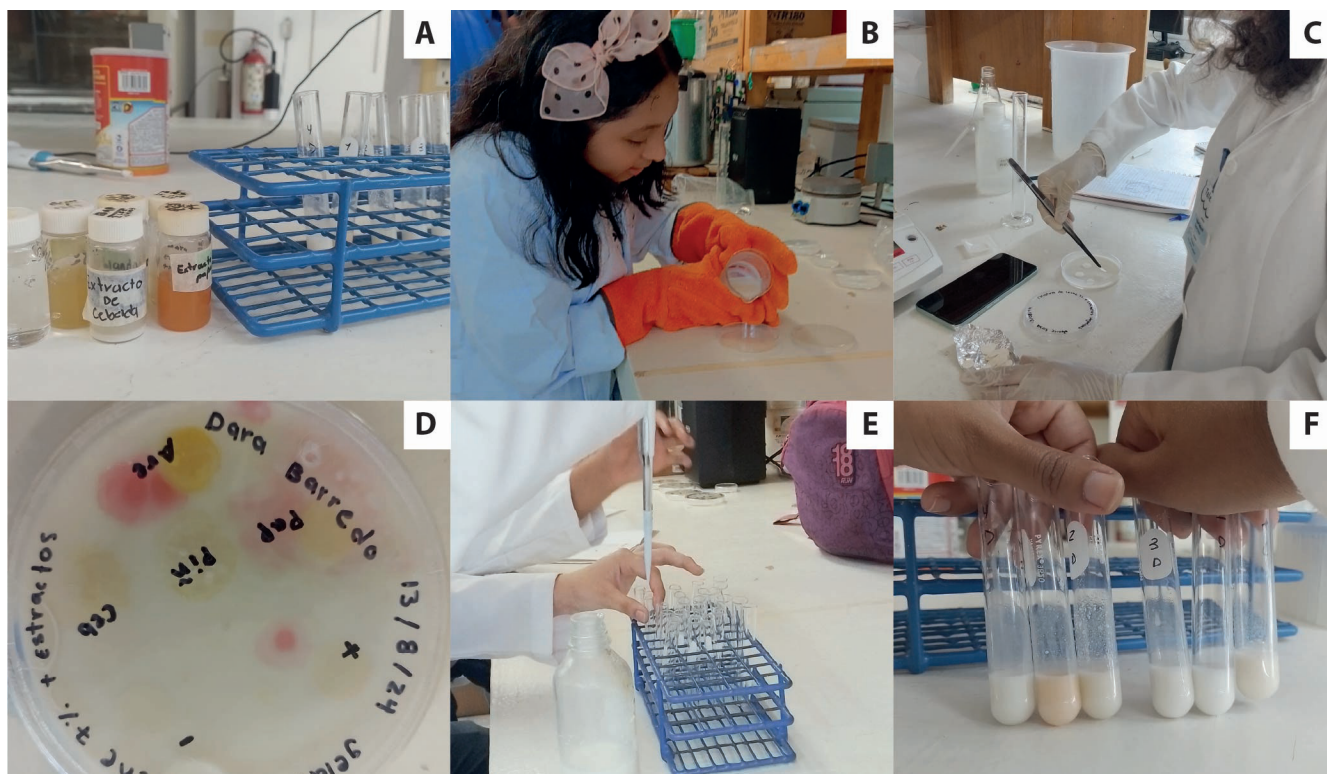


Figura 2. Determinación cualitativa de la actividad enzimática de las proteasas. A) Extractos vegetales, B) vertido de la gelatina con leche en cajas, C) colocado de círculos de papel en la gelatina de leche, D) observación del efecto de los extractos sobre las proteínas de la leche, E) alternativamente se agregan los extractos vegetales en tubos que contienen leche incubando a diferentes temperaturas durante una hora, y F) observación del efecto de los extractos vegetales directamente sobre la leche después de la incubación a diferentes temperaturas y/o diferentes tiempos.



Notas

Alternativamente, se puede utilizar fécula de maíz para gelificar la leche.

En un recipiente, disuelve totalmente media taza de fécula de maíz agregando una taza de agua purificada. Asegúrate de que no queden grumos. Agrega la fécula de maíz previamente disuelta hasta que se mezcle totalmente con la leche caliente.

Para concluir

En esta actividad se observó la función biológica de las proteínas con actividad catalítica de proteasa; el «extracto vegetal» es una mezcla de proteasas, que al «activarse» a una temperatura óptima, se pone «en acción» para descomponer las proteínas y convertirlas en moléculas de menor tamaño (péptidos o aminoácidos) que servirán como nutrientes durante la germinación.



CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO

Las actividades realizadas en este capítulo revelaron que las proteínas son fundamentales gracias a la «acción» catalítica sobre sus sustratos. Los productos derivados de esta «acción» juegan un papel protagónico en numerosos aspectos biológicos. En la biotecnología, el conocimiento de las proteínas y su manipulación han revolucionado diversos campos de estudio. Además, el estudio continuo de las proteínas abre la puerta a descubri-

mientos futuros que podrían transformar aún más nuestra comprensión y capacidad para enfrentar desafíos globales en la salud, la alimentación y el cuidado del medio ambiente.

En conclusión, las proteínas no solo sustentan la vida humana, sino que también impulsan avances significativos en la biotecnología, asegurando un futuro más saludable y sostenible para la humanidad.



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 al desarrollo y uso de 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 posgrado. Su área de investigación se enfoca en los mecanismos de resistencia a patógenos en cultivos de interés agrícola.

La **Dra. Blondy B. Canto Canché** es investigadora científica en la Unidad de Biotecnología del CICY. Participa en la línea de investigación de Agrobiotecnología (interacción planta-patógeno; estudio de los factores de patogenicidad, virulencia y efectores de fitopatógenos) y en la línea de investigación de Biotecnología de microorganismos. Sus actividades están enfocadas en la elaboración de propuestas y el desarrollo de proyectos, además de la formación de personas científicas y tecnólogas en Biotecnología.



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 la caracterización de algunos grupos de genes que participan en la biosíntesis de metabolitos secundarios en el hongo patógeno de la sigatoka negra. Actualmente desarrolla estudios bioquímicos de una especie vegetal de importancia biotecnológica y económica.

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 la biología molecular y la bioquímica enfocadas en interacciones microbianas. Tiene una gran apreciación por los hongos y una pasión por la divulgación científica.



GLOSARIO

Aspirina: medicamento usado para bajar la fiebre y aliviar el dolor leve a moderado causado por el dolor de cabeza.

Biotecnología: es el uso de organismos vivos, los sistemas biológicos o sus derivados para desarrollar o modificar productos o procesos con propósitos específicos.

Catálisis: también conocida como catálisis enzimática, consiste en el uso de compuestos biológicamente activos para catalizar transformaciones químicas. Un ejemplo es el uso de enzimas extraídas de diferentes fuentes biológicas para transformar un sustrato.

Enlace éster: en los lípidos, es el enlace que se da entre el glicerol y los ácidos grasos. Se forma entre un grupo carboxilo y un grupo alcohol.

Enlace glucosídico: es el enlace covalente que une dos monosacáridos con el objeto de formar los diferentes hidratos de carbono, como la celulosa, el almidón o el glucógeno. En el enlace O-glucosídico, reacciona el grupo hidroxilo del carbono anomérico del primer monosacárido con un grupo hidroxilo unido a un carbono del segundo monosacárido de la cadena.

Enlace peptídico: es un enlace covalente que se establece entre el grupo carboxilo ($-\text{COOH}$) de un aminoácido y el grupo amino ($-\text{NH}_2$) del aminoácido contiguo inmediato, con el consiguiente desprendimiento de una molécula de agua.

Fitoterapia: es una disciplina terapéutica que utiliza productos de origen vegetal, como hierbas, plantas y sus extractos, con fines medicinales y preventivos. Esta práctica se basa en el uso tradicional y científico de compuestos naturales para el tratamiento de diversas condiciones de salud y el mantenimiento del bienestar humano.

Ingeniería genética: técnica que permite retirar, modificar o agregar genes a una molécula de ADN de un organismo, con el fin de cambiar la información que contiene.

Proteína: componente principal de las células que tiene como función básica la regeneración y reparación de tejidos corporales, como el músculo, el cabello y las uñas. Además, interviene en la regulación de funciones metabólicas y en el mantenimiento de la homeostasis celular.



Proteína recombinante: aquella que es producida en un organismo que ha sido sometido a modificación genética y que, por lo general, es diferente de aquel en el cual la proteína se produce de forma natural.

Quinina: alcaloide ampliamente utilizado para aliviar distintos síntomas, como la fiebre, e incluso para tratar ciertas patologías, como la malaria. También se utiliza en la gastronomía como ingrediente amargo y potenciador del sabor de algunas bebidas carbonatadas, como la tónica.

Seguridad alimentaria: concepto que surgió en la década de los setenta del siglo XX, basado en la producción y disponibilidad de alimentos a nivel global y nacional. En la década de los ochenta, se añadió la idea del acceso, tanto económico como físico. Finalmente, en la década de los noventa, se llegó al concepto actual, que incorpora la inocuidad y las preferencias culturales, y reafirma la seguridad alimentaria como un derecho humano.



REFERENCIAS

Draper, S. J., Angov, E., Horii, T., Miller, L. H., Srinivasan, P., Theisen, M., & Biswas, S. (2015). Recent advances in recombinant protein-based malaria vaccines. *Vaccine*, 33(52), 7433-7443.

Eser, A., Kató, H., Kempf, L. C., Nyárai, F. H., Kunos, V., & Szentpétery, Z. (2019). A world alimentacion chance estimate based on protein production of crop species. *COLUMELLA-Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 6(1), 35-39.

Food and Agriculture Organization (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2023). *El estado de la segu-*

ridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2023. Consultado en: <https://www.fao.org/publications/home/fao-flagship-publications/the-state-of-food-security-and-nutrition-in-the-world/es> (25 jun. 2024).

Milla, R., Osborne, C. P., Turcotte, M. M., & Violle, C. (2015). Plant domestication through an ecological lens. *Trends in ecology & evolution*, 30(8), 463-469.

Puetz, J., & Wurm, F. M. (2019). Recombinant proteins for industrial versus pharmaceutical purposes: a review of process and pricing. *Processes*, 7(8), 476.



5S

Secretos del ADN: tras las pistas de nuestra herencia

M. C. Miguel Ángel Herrera Alamillo

Q. B. A. Ileana Borges Argáez

Unidad de Biotecnología

Descripción

El estudio del **ADN** es crucial porque revela los secretos de la **herencia**, la salud y la evolución. Permite comprender enfermedades genéticas, desarrollar tratamientos personalizados, mejorar cultivos agrícolas y el medio ambiente. Es la clave para avanzar en la medicina, la biotecnología y la **conservación**.

Objetivo general

Este capítulo introducirá a las y los estudiantes al mundo de la biología molecular mediante experimentos prácticos de extracción de ADN. Adquirirán habilidades en técnicas de laboratorio y comprenderán su importancia en la medicina, la **biotecnología** y la investigación.



Materias afines

- Biología
- Ciencias Naturales
- Química
- Ética
- Ecología

¿Qué vas a aprender?

- Evolución
- Biotecnología
- Conservación de la biodiversidad



Pregunta inicial

¿Cómo impacta el estudio del ADN en la comprensión de la diversidad biológica, la **evolución** de las especies y el desarrollo de avances médicos personalizados, destacando su importancia en campos como la medicina, la agricultura y la conservación de la **biodiversidad**?



PANORAMA GENERAL DEL TEMA

Estudiar el ADN es de suma importancia por diversas razones que abarcan desde el ámbito médico hasta el ecológico. En primer lugar, comprender la interacción entre el ácido desoxirribonucleico (ADN) y las moléculas es fundamental para desentrañar el mecanismo de acción de los fármacos dirigidos al ADN, así como de los agentes tóxicos. Estos conocimientos son cruciales en el desarrollo de tratamientos médicos más efectivos y en la prevención de enfermedades relacionadas con la exposición a sustancias nocivas (Saldívar-González et al., 2017).



Figura 1. Estudio del ADN en el laboratorio (imagen generada con Image FX).

En segundo lugar, el ADN es el material genético predominante en el mundo biológico actual, además del ácido ribonucleico (**ARN**). Sus propiedades informacionales han sido fundamentales en la expansión de la diversidad biológica y en el mantenimiento de la estabilidad de los ecosistemas. El estudio del ADN nos permite comprender cómo se transmiten los rasgos genéticos a través de las generaciones y cómo estas características contribuyen a la adaptación de los organismos a su entorno (Travers, 2022).

Adicionalmente, la manipulación y el análisis del ADN han propiciado numerosos avances en campos tan diversos como la agricultura, la salud humana y animal, la producción de alimentos y la genética forense. En agricultura, por ejemplo, el estudio del ADN ha permitido el desarrollo de cultivos más resistentes a enfermedades y condiciones climáticas adversas, lo que contribuye a la seguridad alimentaria a nivel global. En salud, el análisis del ADN es fundamental en el diagnóstico de enfermedades genéticas y en la identificación de predisposiciones hereditarias a padecer ciertas enfermedades, permitiendo una intervención médica temprana y personalizada (Heep & Schmitt de Noohay, 2016).



Figura 2. El estudio del ADN ha contribuido al desarrollo de cultivos más resistentes a enfermedades y condiciones climáticas adversas (imagen creada con Craiyon).

Los estudios genéticos también desempeñan un papel crucial en la prevención del cáncer y en la reducción de las tasas de mortalidad asociadas a esta enfermedad. La identificación de **genes** relacionados con el cáncer y la comprensión de sus mecanismos de acción han permitido el desarrollo de estrategias de prevención más efectivas, así como de tratamientos más específicos y menos invasivos. Esto no solo tiene un impacto positivo en la salud de la población, sino que también contribuye al aumento de la esperanza de vida y al creci-

miento económico al reducir los costos asociados al tratamiento de enfermedades crónicas (Özdeşer & Kuşaf, 2021).

Por último, el descubrimiento del ADN ha revolucionado la medicina en todos sus aspectos. Desde un mejor diagnóstico de enfermedades hasta la detección de predisposiciones genéticas, pasando por el diseño personalizado de fármacos y la identificación forense; el estudio del ADN ha permitido avances sin precedentes en la comprensión y el tratamiento de enfermedades humanas. La medicina personalizada, basada en el análisis del ADN de cada individuo, promete tratamientos más efectivos y menos invasivos, lo que podría transformar radicalmente la forma en que se practica la medicina en el futuro (Gaxhi, 2011).

En resumen, estudiar el ADN es esencial no solo para comprender la vida en su nivel más fundamental, sino también para mejorar la salud humana, proteger el medio ambiente y promover el desarrollo económico y social. Los avances en este campo continúan abriendo nuevas puertas hacia un futuro donde las enfermedades genéticas sean tratadas con precisión, los cultivos sean más resistentes y nutritivos, y la justicia sea más equitativa gracias a una mejor identificación forense.



PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

Este proyecto tiene como objetivo despertar tu curiosidad en el estudio del ADN. Te proporcionaremos material informativo y actividades prácticas para explorar la fascinante estructura genética que nos define. ¡Sumérgete en el mundo del ADN y descubre sus maravillas!

Imagina que el ADN es como un libro de instrucciones para construir y mantener un organismo vivo. Cada página de este capítulo contiene información vital sobre nuestras características físicas, nuestras predisposiciones a enfermedades e incluso nuestras personalidades. Por lo tanto, comprender el ADN nos ayuda a desentrañar los misterios de la vida misma.



DESARROLLO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



Actividad 1. Explorando el mundo del ADN: extracción casera a partir de frutas



Objetivo de la actividad

Demostrar de manera práctica y sencilla el proceso de extracción de ADN a partir de frutas, utilizando materiales caseros, fomentando la comprensión de la estructura genética y la importancia del ADN en los seres vivos.

- Vasos de precipitado o recipientes de vidrio
- **Alcohol** isopropílico o alcohol de farmacia (preferiblemente al 90% o más)
- Palillo o alambre
- Embudo



Desarrollo

1. Corta la fruta en trozos pequeños y colócala en una bolsa plástica con cierre hermético.
2. Prepara la solución de **lisis**, que consta de 500 ml de agua purificada, dos cucharadas de sal de mesa y 20 ml de detergente para trastes; de preferencia, que el detergente sea de un color claro para observar mejor el proceso de extracción. Mezcla cuidadosamente los componentes, evitando formar burbujas.



Lista de materiales

- Fruta (por ejemplo, fresa, plátano o kiwi)
- Cuchillo
- Bolsas de plástico con cierre hermético
- Agua purificada
- Detergente líquido o jabón para platos
- Sal de mesa
- Gasas, filtros de café o papel toalla, cortado en círculos

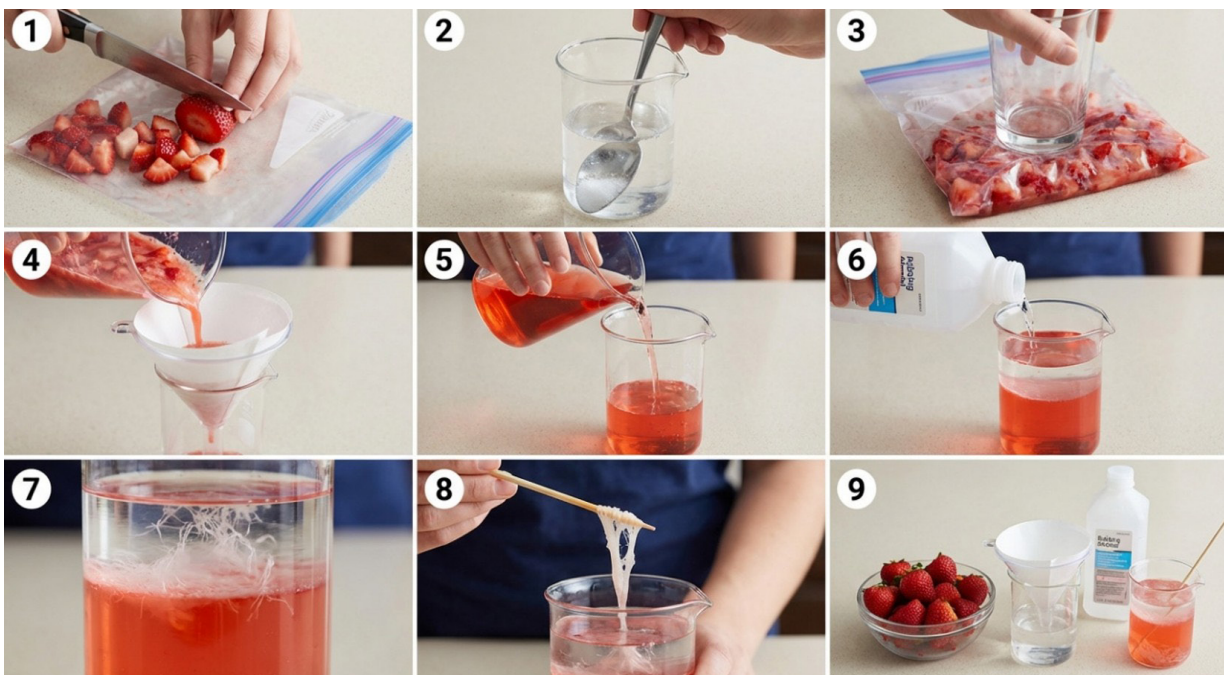


Figura 3. Proceso de extracción de ADN de fresas (imagen creada con Oreate AI).



3. Agrega la solución de lisis a la fruta de manera que cubra en su totalidad los pedazos cortados. Sella la bolsa y machaca la fruta con tus manos o con la base de un vaso de cristal durante unos minutos para liberar el ADN de las **células**.
4. Filtra la mezcla resultante a través de una gasa, un colador o un papel de filtro para café colocados sobre un embudo, con el fin de separar la pulpa de la fruta.
5. Transfiere el líquido filtrado a un vaso de precipitado o a un recipiente de vidrio.
6. Añade lentamente alcohol isopropílico frío al vaso de precipitado, dejando una capa de alcohol por encima del líquido.
7. Observa cómo el ADN precipita y forma hebras visibles en la interfaz entre el alcohol y la solución de fruta.
8. Puedes recolectar las hebras de ADN utilizando un palillo o un alambre enrollado.



Lo que debes saber

¿Por qué el detergente rompe las membranas? La **membrana** celular está hecha de lípidos (grasas) y proteínas. El detergente tiene una estructura similar a estos lípidos, por lo que se inserta en la membrana, rompe las interacciones entre sus componentes y la disuelve, liberando el ADN que estaba protegido dentro de la célula.

¿Cómo la sal ayuda a agrupar el ADN? El ADN tiene cargas negativas en sus grupos fosfato que lo mantienen disuelto en el agua porque se repelen entre sí. La sal (NaCl) aporta iones de sodio (Na^+) que se unen al ADN, neutralizando sus cargas negativas. Sin repulsión eléctrica, las moléculas de ADN pueden acercarse y agruparse, preparándose para precipitar.

Notas



- Las muestras deben ser manipuladas individualmente, no compartir con nadie más; tampoco deben compartirse recipientes ni hisopos.
- La higiene es indispensable. Es necesario lavarse las manos, usar guantes en la medida de lo posible y desechar adecuadamente los materiales. Es importante no agitar la mezcla después de añadir el alcohol para evitar la disolución del ADN.
- La utilización de alcohol isopropílico con una concentración de al menos el 90% es crucial para una separación efectiva del ADN.
- El alcohol isopropílico o etílico debe haber sido congelado a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ en el congelador por lo menos dos horas antes de su uso.

¿Por qué el alcohol frío favorece la precipitación? El ADN es soluble en agua, pero no en alcohol. Al añadir alcohol frío, el ADN pierde solubilidad. El frío reduce la energía de las moléculas, haciendo que el ADN se condense y forme las hebras blancas visibles en la interfase entre el alcohol y la solución.

Para concluir

Mediante esta actividad, hemos demostrado que es posible extraer ADN de manera casera utilizando materiales simples y frutas comunes. Esto nos ha permitido comprender mejor la estructura genética y la importancia del ADN en los seres vivos, así como experimentar de primera mano un proceso fundamental de la investigación científica.



Actividad 2. Extracción casera de ADN a partir de vegetales



Objetivo de la actividad

Mostrar de forma práctica y accesible el proceso de extracción de ADN a partir de vegetales, utilizando materiales caseros, promoviendo la comprensión de la estructura genética y la importancia del ADN en los organismos vegetales.



Lista de materiales

- Vegetal fresco (por ejemplo, cebolla, espinaca o tomate¹).
- Cuchillo
- Bolsas de plástico con cierre hermético
- Agua purificada
- Detergente líquido o jabón para platos
- Sal de mesa
- Gasas, filtros de café o papel toalla, cortado en círculos
- Vasos de precipitado o recipientes de vidrio
- Alcohol isopropílico o de farmacia (preferiblemente al 90% o más)
- Palillo o alambre
- Embudo



Desarrollo

1. Corta la verdura en trozos pequeños y colócala en una bolsa de plástico con cierre hermético.
2. Prepara la solución de lisis, que consta de 500 ml de agua purificada, dos cucharadas de sal de mesa y 20 ml de detergente para trastes; de preferencia, que el detergente sea de un color claro para observar mejor el proceso de extracción. Mezcla cuidadosamente los componentes, evitando formar burbujas.
3. Agrega la solución de lisis a la verdura de manera que cubra en su totalidad los pedazos cortados. Sella la bolsa y machaca la verdura con tus manos o con la base de un vaso de cristal durante unos minutos para liberar el ADN de las células.
4. Filtra la mezcla resultante a través de una gasa, un colador o un papel de filtro para café colocados sobre un embudo, con el fin de separar la pulpa de la verdura.
5. Transfiere el líquido filtrado a un vaso de precipitado o a un recipiente de vidrio.
6. Añade lentamente alcohol isopropílico frío al vaso de precipitado, dejando una capa de alcohol por encima del líquido.
7. Observa cómo el ADN **precipita** y forma hebras visibles en la interfaz entre el alcohol y la solución de verdura.
8. Puedes recolectar las hebras de ADN utilizando un palillo o un alambre enrollado.

¹Si utilizas tomate, retira las semillas y la pulpa para hacer más fácil el proceso de molienda. Lo mismo se aplica si utilizas vegetales con semilla como, por ejemplo, algún tipo de pimienta.

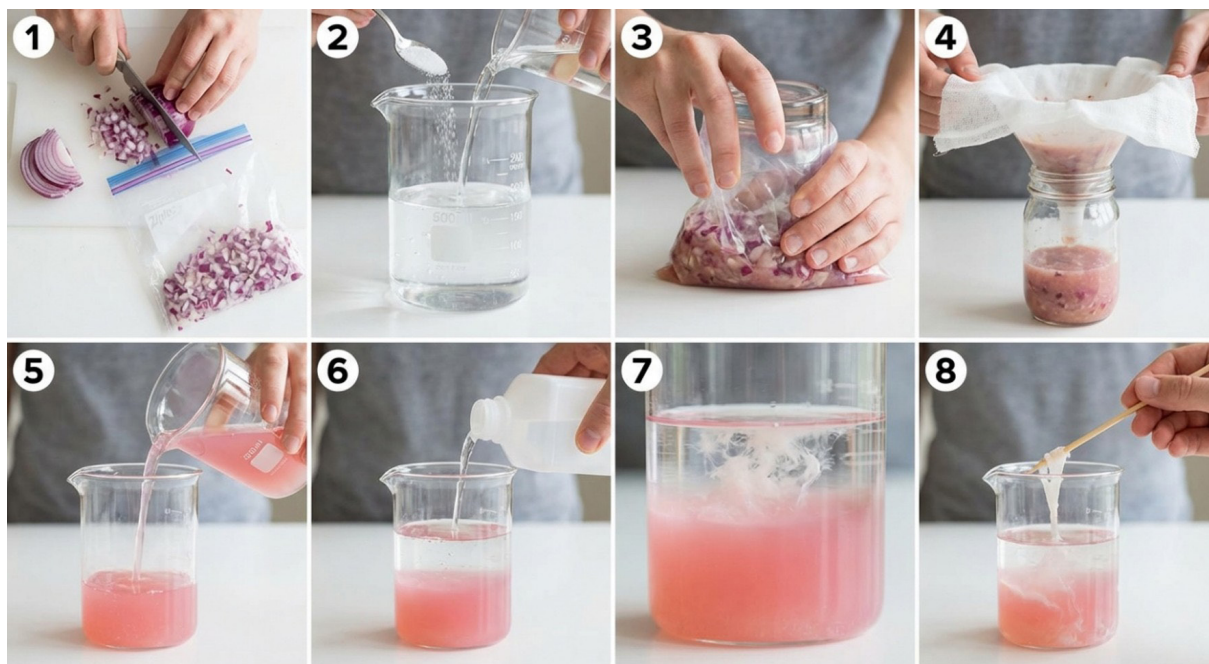


Figura 4. Proceso de extracción del ADN de una cebolla (imagen creada con Oreate AI).

Notas



- Asegúrate de utilizar un vegetal fresco y de buena calidad para obtener resultados óptimos en la extracción de ADN.
- Puedes experimentar con diferentes tipos de vegetales para comparar la cantidad y la calidad del ADN extraído.

Lo que debes saber

- Los vegetales también contienen ADN, el cual es fundamental para su crecimiento, desarrollo y reproducción.
- La extracción casera de ADN a partir de vegetales es un experimento educativo que ilustra los principios básicos de la biología molecular y la genética vegetal.

Para concluir

Al realizar esta actividad, hemos podido comprobar que es factible extraer ADN de vegetales de manera efectiva utilizando materiales caseros. Este experimento nos ha permitido comprender mejor la estructura genética de los vegetales y apreciar la importancia del ADN en su desarrollo y funcionamiento. Además, hemos experimentado un proceso científico práctico que puede aplicarse en diversos contextos educativos y científicos.



Actividad 3. Explorando el ADN humano: extracción casera de ADN a partir de la saliva



Objetivo de la actividad

Demostrar de manera práctica y accesible el proceso de extracción de ADN a partir de saliva humana utilizando materiales caseros, fomentando la comprensión de la estructura genética y la importancia del ADN en los seres humanos.



Lo que debes saber

La saliva humana contiene células epiteliales con ADN, lo que la convierte en una fuente viable para la extracción de material genético.

La extracción casera de ADN a partir de saliva humana es un experimento educativo que ofrece una experiencia práctica y relevante para comprender la genética humana.



Lista de materiales

- Saliva humana
- Vasos de precipitado o recipientes de vidrio
- Solución salina o agua con sal
- Agua purificada
- Detergente líquido o jabón para platos
- Alcohol etílico o de farmacia (preferiblemente al 90% o más)
- Hisopos o bastoncillos de algodón
- Pipetas o cuentagotas



Desarrollo

1. Utiliza los pasos descritos en la actividad anterior como referencia, adaptando el proceso para la extracción de ADN a partir de saliva humana.
2. Recolecta una **muestra** de saliva humana en la boca y agrégala a un vaso pequeño; guíate de la **Figura 3** para asegurarte de una buena colecta de la muestra.
3. Añade una pequeña cantidad similar de solución de lisis al vaso de cristal para promover la liberación del ADN; mezcla cuidadosamente la solución resultante.
4. Añade alcohol etílico frío para precipitar el ADN. La proporción de alcohol que se añade debe ser el doble de la solución original; por ejemplo, si se tienen 6 ml de la solución original, entonces se añaden aproximadamente 12 ml o más de etanol.
5. Observa la formación de hebras de ADN en la interfaz entre el alcohol y la solución de saliva.
6. Utiliza un hisopo o bastoncillo de algodón para recolectar las hebras de ADN.

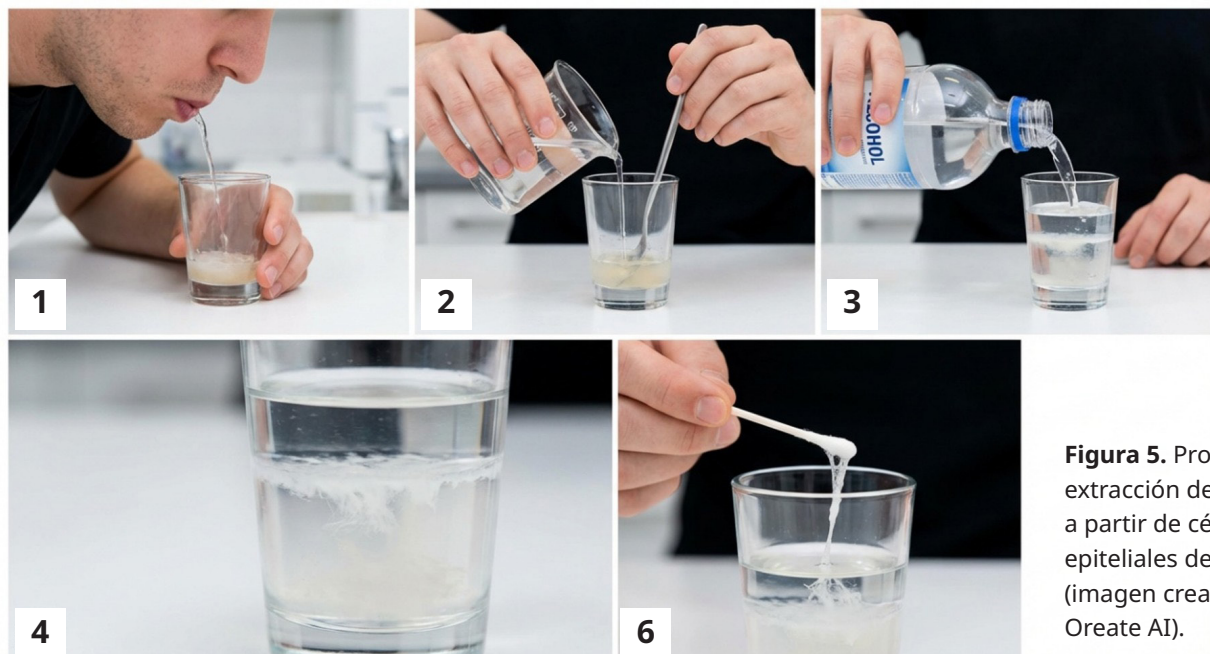


Figura 5. Proceso de extracción de ADN a partir de células epiteliales de la boca (imagen creada con Oreate AI).

Nota



Asegúrate de que la muestra de saliva esté libre de cualquier residuo alimenticio o contaminante para obtener resultados óptimos.

Evita mezclar la saliva con la solución de alcohol antes de agregar el detergente, ya que esto podría inhibir la precipitación del ADN.

Para concluir

Al llevar a cabo esta actividad, hemos demostrado que es factible extraer ADN de la saliva humana utilizando materiales caseros de manera efectiva. Este experimento nos ha permitido comprender mejor la estructura genética humana y apreciar la importancia del ADN en la biología humana.

Además, hemos llevado a cabo un proceso científico práctico que puede aplicarse en contextos educativos y científicos para profundizar en el estudio de la genética humana y sus aplicaciones.



CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO

En conclusión, la extracción casera de ADN, utilizando materiales simples y accesibles, ofrece una experiencia educativa fascinante que permite comprender mejor la importan-

cia del ADN en los seres vivos. Este proceso práctico demuestra cómo la ciencia puede ser accesible y estimulante, fomentando la curiosidad y el interés por la genética y la biología.



SOBRE LA AUTORA Y EL AUTOR

El **M. C. Miguel Ángel Herrera Alamillo**, con más de 28 años de experiencia, ha dedicado su carrera a impartir cursos y talleres formativos en ciencias a estudiantes desde nivel primaria hasta posgrado. Es experto en biotecnología vegetal, con enfoque en el mejoramiento genético de plantas para aumentar su productividad y resistencia a enfermedades, así como en el rescate de especies en peligro de extinción.

La **Q. B. A. Ileana Cecilia Borges Argáez**, con más de 30 años de experiencia, se ha destacado en la divulgación científica dirigida a niñas, niños y jóvenes de nivel primaria, secundaria y preparatoria. Es especialista en cultivo de tejidos vegetales, embriogénesis somática y producción *in vitro*, y ha colaborado con destacados expertos en el campo.



GLOSARIO

ADN (ácido desoxirribonucleico): es la molécula que contiene las instrucciones genéticas usadas en el desarrollo y funcionamiento de todos los organismos vivos. Imagínalo como el «disco duro» donde se guarda toda nuestra información.

Alcohol frío: alcohol isopropílico o etílico congelado a -20 °C que favorece la precipitación del ADN al reducir su solubilidad.

ARN (ácido ribonucleico): es el mensajero de la célula. Se encarga de leer la información del ADN y llevarla a las fábricas de proteínas para que el cuerpo pueda funcionar.

Biodiversidad: la amplia variedad de seres vivos sobre la Tierra y los patrones naturales que la conforman. El ADN es el responsable de que exista tanta variedad.

Biotecnología: es el uso de organismos vivos (o partes de ellos) para crear productos útiles, como medicinas, vacunas o cultivos más resistentes.

Célula: unidad básica de la vida que contiene el ADN en su interior.

Conservación: acciones destinadas a proteger y preservar la naturaleza y las especies en peligro, utilizando el ADN para entender qué poblaciones necesitan más ayuda.

Evolución: el proceso de cambio en las características de las poblaciones de organismos a través de las generaciones, impulsado por cambios en el ADN que ayudan a sobrevivir.

Gen: es un fragmento corto de ADN que contiene la instrucción para una característica específica, como el color de tus ojos o tu tipo de sangre.

Herencia: el proceso por el cual las características físicas y biológicas se transmiten de progenitores a hijos(as) a través de los genes.

Lisis: término técnico que significa «romper». En el experimento, hicimos una lisis celular para romper la membrana de la célula y liberar el ADN.



Membrana celular: capa protectora de lípidos y proteínas que rodea cada célula; el detergente la rompe para liberar el ADN.

Muestra biológica: material obtenido de un organismo vivo para análisis (frutas, vegetales, saliva en este capítulo).

Precipitación: proceso por el cual el ADN se separa como sólido de la solución líquida al añadir alcohol frío.

Proteína: moléculas formadas por aminoácidos; el ADN contiene las instrucciones para fabricarlas.



REFERENCIAS

Gaxhi, A. (2011). *DNA development and its importance. Academicus: International Scientific Journal*, 4, 136–143. <https://doi.org/10.7336/academicus.2011.04.12>

Heep, D., & Schmitt de Noohay, J. (2016). *A importância das técnicas e análises de DNA. ScientiaTec*, 3(2), 114–124. <https://doi.org/10.35819/scientiatec.v3i2.1592>

Özdeşer, H., & Kuşaf, G. (2021). The impacts of genetic studying on the cost analysis based on labour market. En R. A. Aliev, N. R. Yusupbekov, J. Kacprzyk, W. Pedrycz, & F. M. Sadikoglu

(Eds.), *11th World Conference "Intelligent System for Industrial Automation" (WCIS-2020)* (pp. 496–503). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-68004-6_65

Saldívar-González, F., Prieto-Martínez, F. D., & Medina-Franco, J. L. (2017). *Descubrimiento y desarrollo de fármacos: Un enfoque computacional. Educación Química*, 28(1), 51–58. <https://doi.org/10.1016/j.eq.2016.06.002>

Travers, A. (2022). *Why DNA? In Why DNA? From DNA sequence to biological complexity.* Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781107297241>



6S

Viaje a las estructuras del color

Q. I. Irma Leticia Medina Baizabal¹

M. C. Lucila Aurelia Sánchez Cach²

Q. F. B. Rosa Grijalva Arango³

Q. B. B. Mirbella del Rosario Cáceres Farfán¹

¹Unidad de Biotecnología

²Unidad de Biología Integrativa

³Unidad de Recursos Naturales

Descripción

Las y los participantes descubrirán que los colores de los alimentos se deben a los **metabolitos secundarios** contenidos en su interior; además, aprenderán cómo identificarlos y replicarán sus estructuras químicas mediante *kits* comerciales de **modelos moleculares** e informáticos.

Objetivo general

Conocer y construir manualmente las estructuras responsables del color de algunos alimentos y modelar su estructura 3D en computadora.



Materias afines

- Biología
- Física
- Química
- Computación
- Impacto de la ciencia y la tecnología

¿Qué vas a aprender?

- ¿Por qué podemos ver los colores?
- ¿Qué son los metabolitos secundarios y cómo los podemos ver?
- Las estructuras químicas de los metabolitos de interés.
- Plataformas para el modelado estructuras químicas.



Pregunta inicial

¿Podemos saber qué les da color a los alimentos?



PANORAMA GENERAL DEL TEMA

¿Alguna vez te has preguntado a qué se debe que podemos percibir los colores y por qué son diferentes? El ojo es una compleja estructura que funciona de manera especial para captar los colores.

Alrededor de 1666, Isaac Newton notó que, al hacer pasar un haz de luz a través de un prisma, esta se descomponía en los colores rojo, naranja, amarillo, verde, azul y violeta. Por ello, estableció que la luz blanca está formada por estos seis colores.

Los objetos absorben y reflejan la luz de forma distinta, dependiendo de sus características físicas, su forma y su composición. El color que percibimos de los objetos corresponde a la luz que reflejan (**Figura 1**).

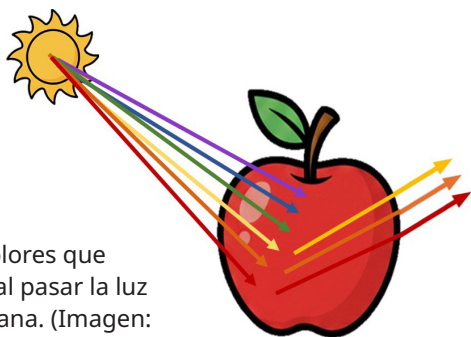


Figura 1. Colores que percibimos al pasar la luz por la manzana. (Imagen: Lucy Beatriz Fuentes-Sánchez).

Es muy agradable ir al mercado y observar las diferentes frutas y hortalizas que lo llenan de vida con sus colores, reconociendo que estos son característicos de cada una de ellas; por ejemplo, la zanahoria (naranja), la sandía (rojo) y la fresa (rojo), entre otras (Opticaluro, 2015).

Los colores de los alimentos los hacen más atractivos a la vista; estos se deben a los metabolitos secundarios, los cuales, además, les proporcionan propiedades saludables para el organismo. Todas las frutas y verduras poseen propiedades antiinflamatorias y refuerzan el sistema inmunitario; sin embargo, cada color destaca propiedades específicas. Por ejemplo, el color rojo es rico en licopeno, presente en el tomate, las fresas, el pimiento rojo, la granada, la remolacha, la sandía y las cerezas. El color verde se asocia con glucosinolatos, luteína y ácido fólico; el blanco, con la alicina; el naranja y el amarillo, con **carotenoides**; y el morado, con **antocianinas** (Pharmaoptics, 2020).

Los metabolitos secundarios no pueden observarse a simple vista; no obstante, la comprensión de su composición se basa en la química, disciplina que estudia la parte invisible de la **materia**. Debido a ello, su estudio puede resultar complejo; sin embargo, se han



desarrollado sistemas de símbolos, ecuaciones, diagramas moleculares y modelos tridimensionales, entre otros, para representarlos (Dirzo, 1985) (**Figura 2**).

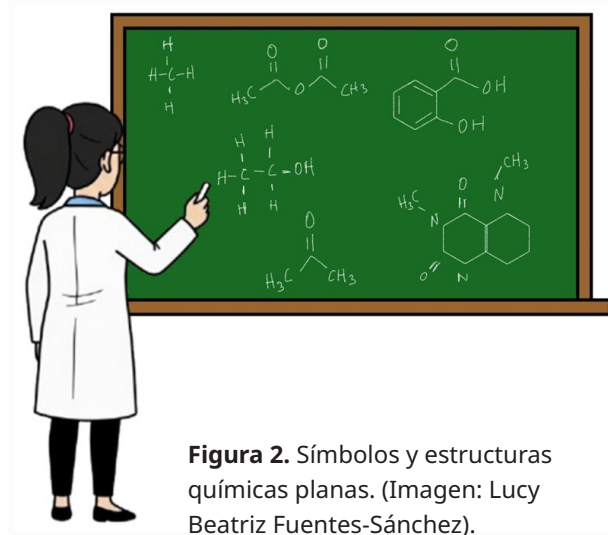


Figura 2. Símbolos y estructuras químicas planas. (Imagen: Lucy Beatriz Fuentes-Sánchez).

En la historia de la ciencia, se puede observar que en muchas ocasiones se han empleado modelos o teorías para entender o predecir fenómenos. Según la Real Academia Española, un modelo se define como un «esquema teórico, generalmente en forma matemática, de un sistema o de una realidad compleja, que se elabora para facilitar su comprensión y el estudio de su comportamiento».

La forma más simple que se ha utilizado para representar las estructuras moleculares son las **fórmulas** químicas, las cuales pueden ser de dos tipos: fórmulas empíricas, donde están representados los elementos que las componen, y fórmulas estructurales, en las que se representan dichos elementos y los enlaces químicos que los unen mediante guiones (Jara, 2012).

Si bien ambas son de gran utilidad, presentan la limitación de que se muestran en dos dimensiones (sobre el plano del papel o la pantalla). Además, no todas las personas cuentan con las mismas habilidades de percepción espacial, lo que puede dificultar la visualización mental de

las **moléculas**. Para superar esta limitación, al menos en el ámbito de la investigación, se ha recurrido a la construcción de modelos moleculares tridimensionales.

Estos modelos se elaboran mediante el ensamblaje de esferas y varillas con distintos materiales, permitiendo construir representaciones a escala de diversos tipos de moléculas; sin embargo, este proceso suele ser lento y, en ocasiones, tedioso.

En la actualidad, existen aplicaciones informáticas que permiten desarrollar y manipular virtualmente modelos moleculares tridimensionales (**Figura 3**). Además, se han creado alternativas para resaltar determinadas características de las moléculas según las necesidades de la persona usuaria (Porto, 2016). Un ejemplo de su aplicación es la industria farmacéutica, donde la búsqueda tradicional de nuevos medicamentos resulta compleja y costosa.

En años recientes, los métodos computacionales se han integrado a estos procesos y han contribuido, entre otras aplicaciones, al análisis eficiente y rápido de datos, al filtrado de compuestos para seleccionar moléculas con potencial para evaluación experimental, a la generación de hipótesis para comprender mecanismos de acción de fármacos y al diseño de nuevas estructuras. Asimismo, han tenido aportaciones significativas en el desarrollo de medicamentos (Saldívar *et al.*, 2017)

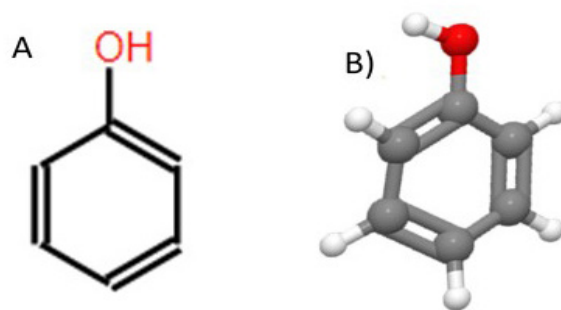


Figura 3. Estructura del fenol: A) modelo plano y B) modelo tridimensional (Imagen: Mirbella Cáceres Farfán).



PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

Este proyecto fue diseñado para que descubras lo fascinante de conocer las **sustancias** que dan color a los alimentos. Podrás identificarlas y apreciarlas mediante cromatografía,

así como comprender que la química no está peleada con la modernidad, ya que, además de construir estructuras con *kits* de modelos químicos, existen plataformas gratuitas en internet que facilitan su comprensión.



DESARROLLO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



Actividad 1. Los colores de la luz



Objetivo de la actividad

Al realizar esta actividad, notarás que la luz no es tan blanca como parece.



Lo que debes saber

El color que percibimos en los objetos que nos rodean es una propiedad de la materia; corresponde a la luz reflejada por un objeto y depende de cómo nuestros ojos la detectan y de cómo nuestro cerebro la procesa.

La luz, responsable de la mayor parte de la información sensorial que utilizamos para relacionarnos con nuestro entorno, no es más que una pequeña porción de lo que se conoce como el espectro electromagnético.

El espectro visible es una **radiación electromagnética** con **longitudes de onda** comprendidas entre 380 nm y 780 nm. Dentro de este espectro, el color rojo presenta longitudes de onda entre 700 y 770 nm; el color amarillo, entre 570 y 590 nm; y el color azul, entre 400 y 475 nm.

Todas estas longitudes de onda forman parte de la llamada luz blanca (**Figura 4**), tal como

fue demostrado por Newton al hacer pasar la luz blanca a través de un prisma para descomponerla en los colores del arcoíris (Mathias-Rettig & Ah-Hen, 2014). La percepción del color es el resultado de una interacción entre el ojo y el cerebro que permite discriminar la luz de diferentes longitudes de onda o energías, e involucra no solo factores fisiológicos, sino también psicológicos.

El color es un atributo de apariencia de los productos. Por ejemplo, si observamos una manzana de color café, inferimos que probablemente esté en mal estado o en proceso de descomposición. El color de los alimentos puede servir como base para su detección y/o clasificación, es decir, como un criterio de calidad. El color se ve afectado por diversos factores,

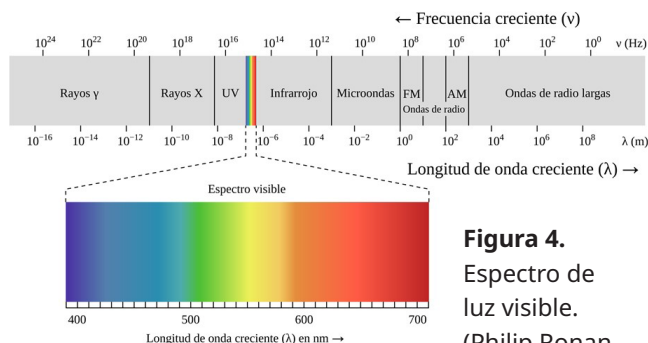


Figura 4.
Espectro de luz visible.
(Philip Ronan, 2008)



como la iluminación, el observador, el espectro de la luz, las características de la superficie, el tamaño, la textura y el brillo, entre otros.



Lista de materiales

- Cartulina/cartón
- Compás y regla
- Colores
- Tijeras
- Hilera o cordón



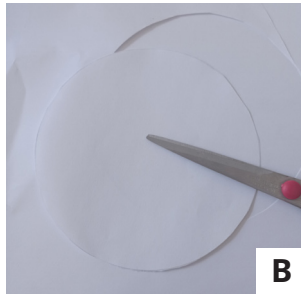
Desarrollo

¿Cómo hacemos nuestro disco de Newton?

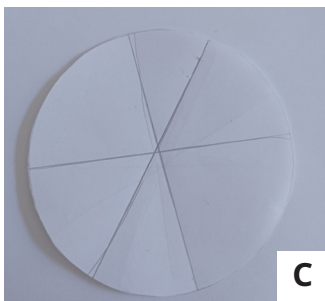
1. Con un lápiz, dibuja un círculo del tamaño que desees.
2. Corta el círculo y hazle dos agujeros lo más simétricos posibles.
3. Secciona el círculo en siete partes iguales, como se observa en la **Figura 5**.



A



B



C

Figura 5. A) Marcar, B) cortar y C) dividir el círculo (Imagen: Luis Baas Medina).

4. Colorea cada sección para formar un espectro de los colores que integran la luz (arcoíris) (**Figura 6**).

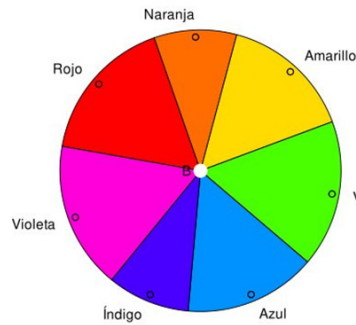


Figura 6. Color de las secciones del círculo (Imagen: Luis Baas Medina).

5. Pasa las puntas de la hilera o cordón por los agujeros y hazles un nudo (**Figura 7**).



Figura 7. Pasa la hilera o cordón y cierra con un nudo (Imagen: Luis Baas Medina).

6. Extiende el hilo o cordón, dejando el disco de colores en medio.
7. Haz girar el cordón lo más rápido que puedas y ve jalándolo para que este haga girar el círculo.
8. Observa la gama de colores al girar el disco.
9. Si lo haces muy rápido, te sorprenderás con el resultado.

Para concluir

El disco de Newton que construimos nos sirvió para entender cómo se conforma la luz blanca a partir de los colores del arcoíris: al hacer girar el disco con rapidez, obtuvimos el color blanco. Es así como nosotros vemos la luz blanca del Sol, pero en realidad está compuesta por ¡todos esos colores!



Actividad 2. Metabolitos secundarios y su separación por cromatografía



Objetivo de la actividad

Al final de la actividad, conocerás el método de separación de las sustancias que dan color a los alimentos.



Lo que debes saber

Metabolitos que causan la coloración

Las plantas contienen una gran variedad de **pigmentos** que dan lugar a los colores que observamos en ellas. Estos pigmentos son: **clorofila-a** (verde intenso), clorofila-b (verde), carotenos (naranja), xantofilas (amarillo), antocianinas (rojizo, púrpura o azulado) y ficobilinas (rojo).

La **cromatografía** en capa fina es un método que se utiliza para separar o analizar los compuestos de una mezcla de manera cualitativa.

Para realizar una cromatografía se necesitan dos fases (**fase estacionaria** y **fase móvil**) y un soporte:

1. **Fase estacionaria (FE):** es un componente que está contenido en un soporte adecuado y, como su nombre lo indica, permanece fija en un espacio determinado. Puede ser sólida o líquida. Según el tipo de soporte que se utilice para contener la fase estacionaria, las cromatografías pueden ser planas o en columna.
2. **Fase móvil (FM):** es un compuesto químico, o una mezcla de compuestos químicos, y debe fluir (moverse) a través de la fase estacionaria. La fase móvil es la que arrastrará la muestra, obligándola a atravesar la fase estacionaria. Puede ser líquida o gaseosa, dando lugar a las denominadas cromatografías líquidas y cromatografías gaseosas, respectivamente (Ruíz Benítez, M., 2020).



Lista de materiales

- Plantas de interés (semillas de achiote, cúrcuma, remolacha (betabel), chaya, espinaca) (ver **Figura 8**)
- Vasos o frascos de vidrio
- Etanol (alcohol de farmacia)
- Algodón o toalla de papel
- Tijeras
- Filtros de papel
- Lápiz
- Regla
- Palillos de dientes
- Jeringa de plástico desechable
- Acetona
- Papel aluminio
- Pinzas
- Agua

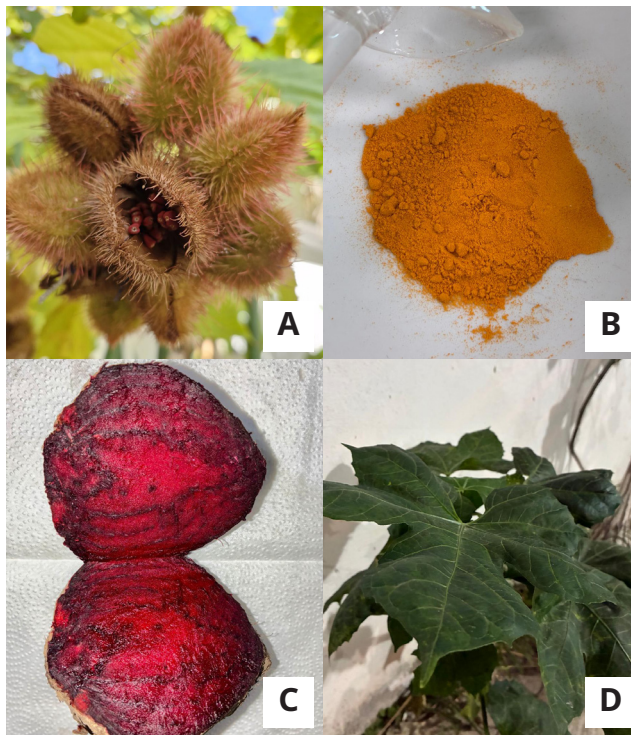


Figura 8. A) Semillas de achiote, B) raíz de cúrcuma, C) betabel (remolacha) y D) chaya (Imágenes: Lucila Aurelia Sánchez-Cach y Mirbella Cáceres Farfán).



Desarrollo

1. Corta en pedacitos las plantas de la lista o los alimentos coloridos que tengas en casa y deposítalos por separado en cada frasco (**Figura 9**).



Figura 9. Corta las plantas a estudiar (Imagen: Leticia Medina Baizabal).

2. Agrega a cada frasco 50 ml de etanol hasta cubrir el material y deja que repose un mínimo de 30 minutos; a este proceso es lo que se le llama extracción por maceración. Deja en reposo y a temperatura ambiente. Mientras más tiempo pase, podrás observar mejor los metabolitos.
3. Pasado el tiempo (30 min), filtra con algodón o toalla de papel, recuperando el alcohol en otro frasco; de esta manera obtienes el extracto de la planta (**Figura 10**).
4. Con los extractos obtenidos anteriormente, aplica la técnica llamada cromatografía en capa fina, con la cual podrás observar los componentes de un extracto vegetal colorido.
5. Recorta el papel filtro en un rectángulo de 5×7 cm y, en la parte angosta, a una altura de 0.5 cm de la orilla de cada lado, traza una línea con lápiz.



Figura 10. Extractos filtrados de las plantas de estudio: cúrcuma, achiote y chaya (Imagen: Leticia Medina Baizabal).

6. Sobre una de las líneas marca cuatro puntos con el lápiz, separados a 1 cm uno de otro. En el extremo contrario, escribe el nombre de los disolventes que vas a usar.
7. Con ayuda de un palillo aplica cada uno de los extractos en los puntos marcados (**Figura 11**). Puedes añadir una clave o número para diferenciar tus extractos.



Figura 11. Extractos aplicados en las marcas del papel (Imagen: Leticia Medina Baizabal).



8. En un vaso de vidrio o frasco coloca 5 ml de etanol como primera prueba y después prepara otra mezcla con acetona y etanol en proporción 3:2, es decir, 3 ml de acetona y 2 ml de etanol, todo esto con ayuda de la jeringa. Tapa el vaso con papel aluminio para que no se evapore. El vaso de vidrio tapado con el aluminio, se le conoce como cámara cromatográfica. Y dentro haremos que nuestros extractos impregnados en el papel filtro se vaya separando.
9. Con las pinzas toma el papel filtro del extremo donde está marcado el nombre del **disolvente** (como se muestra en la **Figura 12**), de manera que la línea donde aplicaste los extractos vegetales entre en contacto inmediato con el alcohol; suelta el papel y tapa el vaso de nuevo.
10. Observa cómo se van separando los componentes del extracto vegetal. Si los compuestos son coloreados, se pueden observar las manchas a simple vista; si no es así, hay otros métodos para visualizarlos como, por ejemplo, la luz ultravioleta).

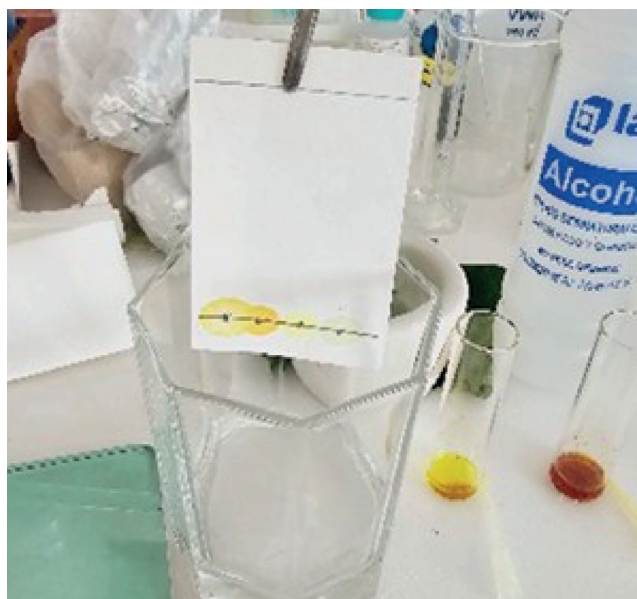


Figura 12. Puesta del papel en el vaso de vidrio al que se le llama cámara cromatográfica (Imagen: Leticia Medina Baizabal).

11. Espera a que el alcohol alcance la línea superior y con la pinza retira el papel del interior del vaso. Déjalo secar hasta eliminar el alcohol.
12. Anota tus observaciones.



Notas

- Los disolventes son inflamables, por lo que deben manejarse lejos de fuentes de calor o ignición; usa un área ventilada y pide a una persona adulta que te acompañe.
- Los extractos y disolventes no deben ingerirse ni entrar en contacto con los ojos o la piel. Procura que al meter el papel en el vaso lo hagas de manera vertical, para que el disolvente empiece a correr de manera uniforme.
- Puedes probar las siguientes mezclas de disolventes:
 - 1 ml de etanol+ 4 ml de acetona
 - 2 ml de etanol + 3 ml de acetona
 - 5 ml de acetona
 - 5 ml de agua
 - 1 ml de etanol + 2 ml de acetona + 2 ml de agua

¡Puedes experimentar con las combinaciones que se te ocurran de alcohol, agua y acetona, pero recuerda que el volumen final debe ser de 5 ml!

Para concluir

La cromatografía en capa fina es una herramienta de separación física muy utilizada en los laboratorios de productos naturales para la separación de metabolitos contenidos en los extractos naturales. Nos ayuda a visualizar la cantidad de pigmentos presentes en un extracto.



Actividad 3. Estructura y modelado



Objetivo de la actividad

Elaborar estructuras moleculares que representen las moléculas de pigmentos vegetales con esferas de diferente tamaño y color.



Lo que debes saber

La estructura química de una molécula se refiere a la manera de entender la composición de una sustancia química, aportando información sobre la forma en la que se enlazan sus diferentes **átomos** o iones. Esta unión es la que da origen a las moléculas, así como al agregado atómico. Para que tengas una noción de esto, puedes consultar la **Figura 13** (Solosquiza, 2020).

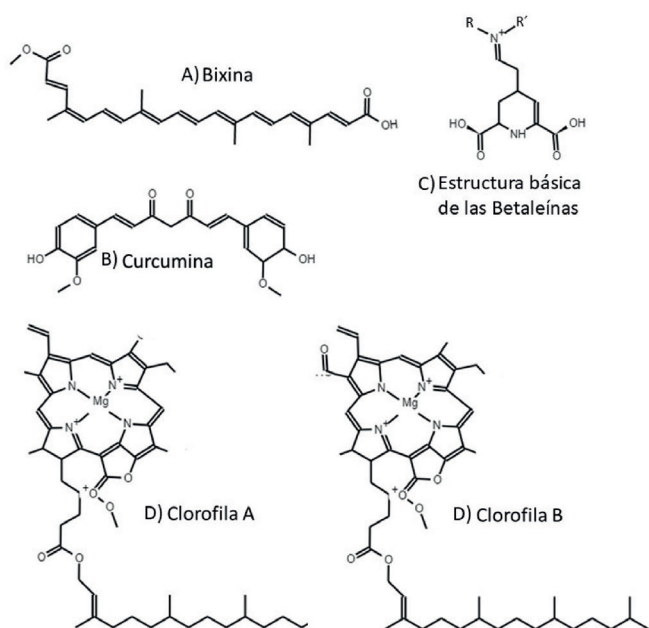


Figura 13. Representación de la estructura química que dan color a los alimentos de nuestro interés: A) achiote, B) cúrcuma, C) remolacha y D) chaya (Imagen: Mirbella Cáceres Farfán).

En los modelos moleculares tipo «bola y varilla» (kits para construir estructuras químicas), los átomos suelen identificarse con un código de colores basado en la convención CPK (Corey-Pauling-Koltun). Los más usados son:

Elemento	Color típico
Carbono (C)	Negro o gris
Hidrógeno (H)	Blanco
Oxígeno (O)	Rojo
Nitrógeno (N)	Azul
Azufre (S)	Amarillo
Fósforo (P)	Naranja
Cloro (Cl)	Verde
Flúor (F)	Verde claro
Bromo (Br)	Café rojizo
Yodo (I)	Morado o violeta
Sodio (Na)	Azul oscuro
Potasio (K)	Violeta
Calcio (Ca)	Verde oscuro
Hierro (Fe)	Naranja oscuro o café
Magnesio (Mg)	Verde claro

Pero si quieres puedes establecer tus colores, poniendo en un lugar visible que átomo representa cada color.

Conformaciones de las estructuras

Te preguntarán cómo se puede lograr representar estas estructuras; te recomendamos ver los siguientes videos para una mejor comprensión al respecto:



«El carbono como un componente de la vida»



Khan Academy: <https://es.khanacademy.org/science/biology/properties-of-carbon/carbon/v/carbon-as-a-building-block-of-life>

«Representación de las estructuras de las moléculas orgánicas»

Khan Academy: <https://es.khanacademy.org/science/biology/properties-of-carbon/carbon/v/representing-structures-of-organic-molecules>



Lista de materiales

Kit de modelado molecular

- Esferas de unicel
- Brochas delgadas o pinceles
- Pinturas (negra, amarillo, roja y azul)
- Palillos
- Pegamento blanco
- Pliego pequeño de unicel (como soporte)



Figura 14. Material requerido en esta actividad (Imagen: Lucila Aurelia Sánchez-Cach).



Desarrollo

1. Pinta las esferas que requieras para tu modelo. Utiliza la **Figura 15** como guía.



Figura 15. Ejemplo de cómo pintar las esferas de unicel para el modelado molecular (Imagen: Lucila Aurelia Sánchez-Cach).

2. Recurre a los palillos para enlazar las esferas que formarán la estructura molecular de tu agrado. En la **Figura 16** se muestra el armado de una estructura de **betalaína**.
3. Revisa tu estructura para asegurarte que no le falten o sobren elementos o átomos.

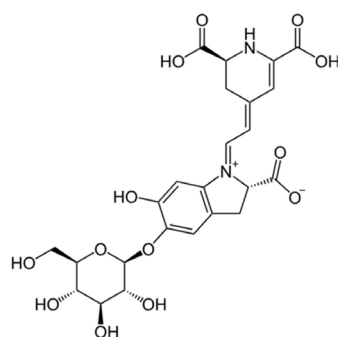


Figura 16. Desarrollo de ensamblaje de la estructura molecular de betalaina. (Imágenes: Rosa Grijalva Arango y Lucila Aurelia Sánchez-Cach).

Para concluir

El color de las plantas, sus frutos o semillas, se debe a la estructura química de los pigmentos presentes en sus tejidos y a la forma en que estos interactúan con la luz visible. La compleja estructura molecular de estos compuestos permite absorber selectivamente ciertas longitudes de onda de la luz solar, mientras que otras son reflejadas, dando lugar a los colores que percibimos con nuestros ojos. En esta actividad se explora como las moléculas de los pigmentos determinan sus propiedades ópticas y se espera comprender la complejidad molecular de los pigmentos.



Actividad 4. Estructuras químicas en 3D



Objetivo de la actividad

Aplicar programas gratuitos de internet para observar en 3D las estructuras que le dan color a los alimentos.



Lo que debes saber

A finales de los años setenta apareció un nuevo campo del conocimiento, impulsado por las y los químicos dedicados a la obtención de medicamentos, con el fin de desarrollar moléculas que tuvieran una actividad biológica deseada y, con ayuda de las computadoras, se originó la **química computacional** (QC). Esto cambió la idea de que para hacer experimentos se requiere únicamente de un laboratorio.

La química computacional se define como la disciplina que comprende aspectos de investigación química que se benefician de la aplicación de las computadoras. En un sentido más restrictivo, el núcleo de la química computacional implica el uso de modelos matemáticos para la predicción de propiedades químicas y físicas de compuestos, mediante el empleo de computadoras. Además, permite abordar los mecanismos de reacción que son difíciles de realizar de manera experimental (Cuevas, 2005).

Hoy por hoy, esta rama de la química hace uso de herramientas tecnológicas tanto de *software* como de *hardware*, así como también de las áreas de las ciencias exactas, por ejem-



plo, las matemáticas, la física, la biología y la química. Por ello, todo esto conllevaría al progreso constante en la producción de nuevos descubrimientos científicos, pero si se analiza desde otro punto de vista, la QC es una herramienta que da la posibilidad de mostrarles a las y los estudiantes algunos fenómenos que no se pueden ver a simple vista, permitiendo así, un mayor entendimiento frente a los conceptos de química que son impartidos en el aula de clase (Suárez Millán, et al 2023).

Un ejemplo es la optimización de los fármacos de origen natural. En la actualidad, se hacen esfuerzos para mejorar las propiedades de estos medicamentos (como reducir los efectos secundarios) o para buscar actividades biológicas potenciales de compuestos químicos aislados de fuentes naturales (Saldívar-González et al., 2017).



Lista de materiales

- Computadora
- Internet



Desarrollo

1. Para iniciar con esta actividad deberás tener internet y conectarte a él. Utiliza un navegador, ya sea Google Chrome, Firefox o el que estés familiarizado a utilizar.
2. En esta ocasión vamos a usar la página de libre acceso y fácil de usar **Biomodel-Bri-comoléculas: construye tu propia molécula** (<https://biomodel.uah.es/en/DIY/JSME/draw.es.htm>).
3. Accederás a una vista como la de la **Figura 17**, donde podrás observar tres secciones de trabajo: A) Pizarrón, B) Instrucciones de uso y C) Pizarrón 3D.

A 1. Dibuja aquí tu molécula en 2D:

B 2. Ponle un nombre:

3. Transfiere al panel derecho (se añadirán los H)

4. Optimiza la estructura en 3D. (Puede ser preciso varias veces; [ayuda](#))

5. Observa la molécula en 3D a la derecha.

6. También puedes obtener estructuras 3D escribiendo su nombre en inglés:

y después puedes , por ejemplo para añadirle modificaciones.

C mueve el modelo usando el ratón

JSmol

☐ opciones avanzadas ([ayuda](#))

Modalidad JSmol: ☒ HTML5 ☐ WebGL ☐ Java

Figura 17. Página de Biomodel para hacer estructuras moleculares. A) Pizarrón, B) Instrucciones de uso y C) Pizarrón 3D. (<https://biomodel.uah.es/en/DIY/JSME/draw.es.htm>).



- Dirígete a la sección A. Ahí encontrarás, en la barra de herramientas, los comandos con los que debes tener cuidado, ya que podrías perder tu trabajo: Borrar pizarra y Nueva estructura. Si necesitas eliminar algo, puedes utilizar las opciones Retroceder o Borrar sección. También encontrarás las figuras estructurales y los diferentes tipos de enlaces. A la izquierda se ubican los átomos sustituyentes. Si deseas guardar la estructura para tu cuaderno o para una presentación, utiliza el botón de la cámara para capturar una imagen que luego podrás copiar (Figura 18).

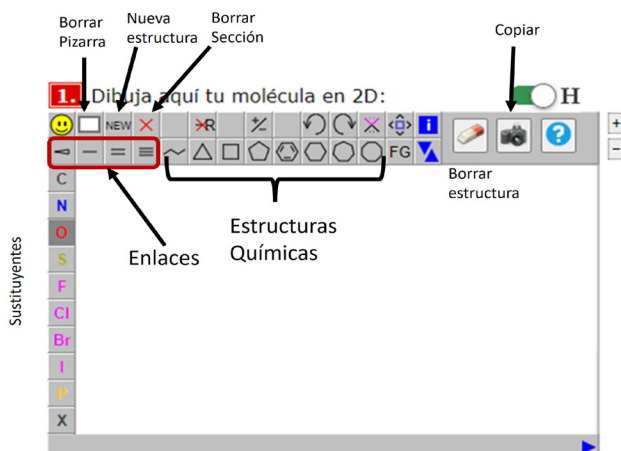


Figura 18. Herramientas de trabajo para armar la estructura.

- Elabora la estructura de la **bixina** activando la herramienta de trabajo con un clic (Figura 19 A y 19 B). Posiciona el cursor donde quieras agregar la línea de carbono; en nuestro caso será 19 carbonos.
- Los dobles enlaces se pueden hacer de dos formas: dar clic dos veces en el mismo lugar o avanzar y después agregarlos con el botón de doble enlace (Figura 19 C).
- Si queda fuera del pizarrón, la estructura tienes dos opciones: A) con botón derecho apretado, mueves lo escrito a comodidad, o bien, con el botón de más (+) aumentas el tamaño del pizarrón.

- Ya completada la base de la estructura (Figura 19 E), anexamos los sustituyentes para poner el grupo OH y =O. Hay que seleccionar la tecla del O y dirigirla donde debe de unirse (Figura 19 F).

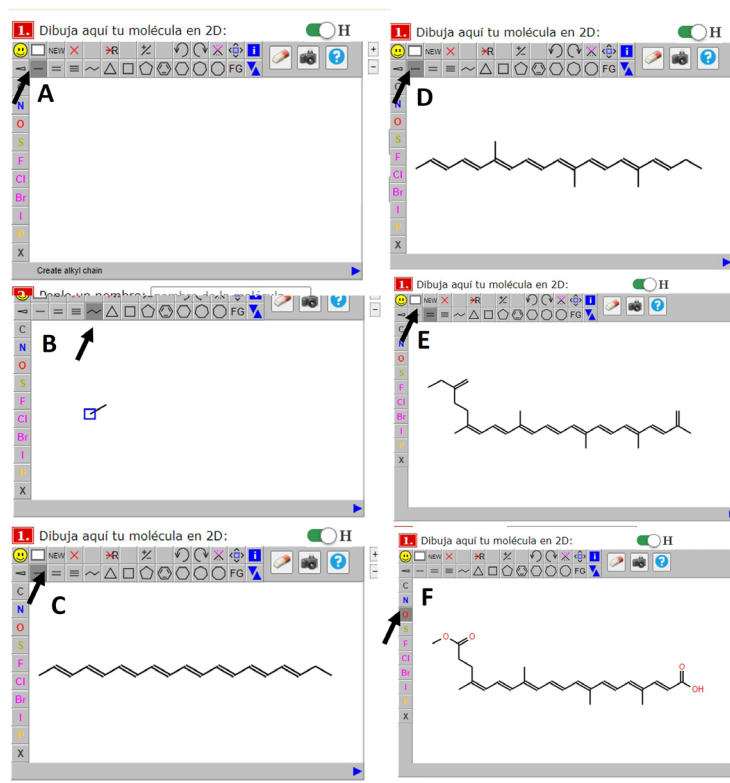


Figura 19. Dibujo paso a paso de la bixina: A) selección de metano, B) posicionamiento del primer metano, C) dibujo de los dobles enlaces, D) sustituyentes metilo, E) completar la estructura y F) grupos O y OH.

- No se te olvide hacer los cambios que se requieran para la estructura. En el caso de los enlaces, puedes dirigir los carbonos sin soltar el botón derecho del *mouse* a la dirección que los requieras.
- Si quieres tener la imagen de la estructura, dale clic al botón de la cámara (Figura 20 A) y tendrás una imagen PNG o SVG; la puedes copiar a color, monocromático (blanco y negro) o la puedes guardar y se descargará como una imagen (Figura 20).

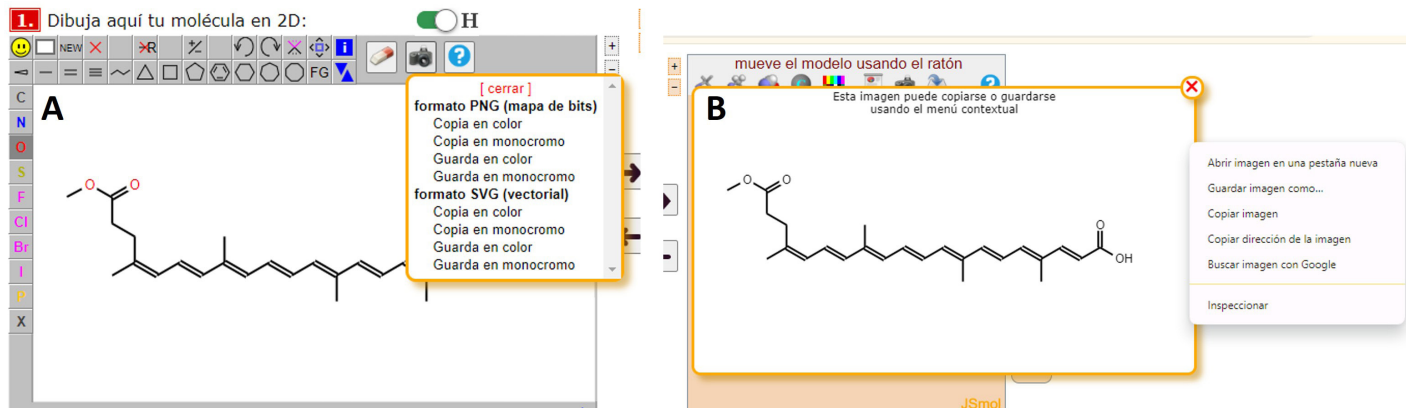


Figura 20. Formas para poder tener acceso a las estructuras: A) selección de la cámara y B) copia monocromática.

11. Hasta aquí tenemos la estructura de la bixina de manera lineal; para pasarla a 3D se da clic en la flecha de dirección hacia la derecha y rápidamente tenemos la estructura en el otro pizarrón (**Figura 21**).
12. Si queremos, podemos dejar así la estructura, o bien, le podemos hacer algunos cambios; para esto hay que conocer lo que hay en la barra de herramientas, la cual se muestra en la **Figura 22**.
13. Existen en la plataforma tres tipos diferentes de estilo de estructura: como el que se ve en la **Figura 21** y los dos de la **Figura 23**.
14. En cualquiera de las tres formas diferentes, se pueden agregar los elementos de los que consta la estructura (**Figura 24**).

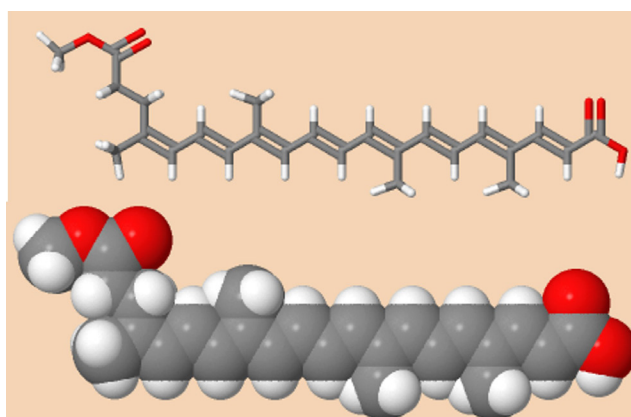


Figura 22. Barra de herramientas para personalizar el modelo en 3D.

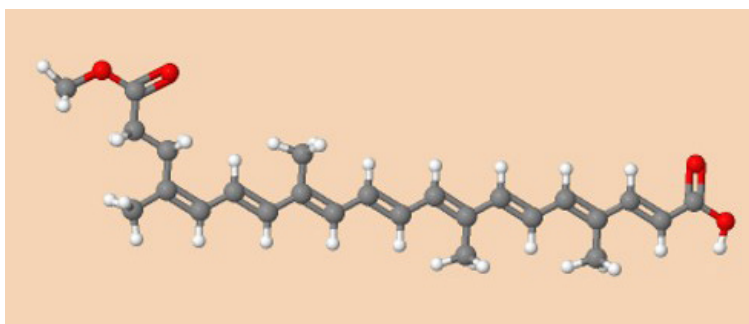


Figura 21. Estructura 3D de bixina (Imagen: Mirbella Cáceres Farfán).

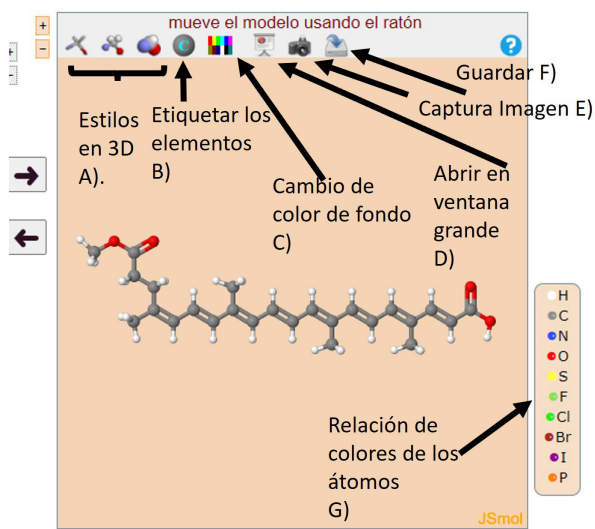


Figura 23. Opciones de estructuras de baritas y esferas.

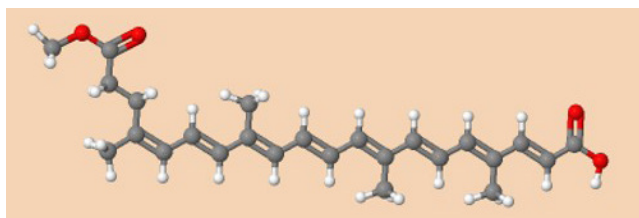


Figura 24. Elementos que conforman a la bixina.

15. Se puede hacer cambio del fondo seleccionando la herramienta; se podrán ver los colores que ofrece la página. Elige el color que te guste o juega con los cambios de color y los contrastes; selecciona uno. Vamos a escoger el color negro, por el contraste del gris y el blanco (**Figura 25**).

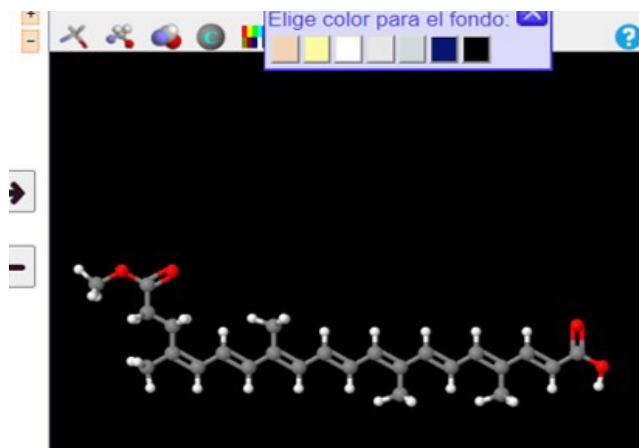


Figura 25. Observación de la estructura con el color negro de fondo.

16. Abrir en una ventana más grande nos permitirá ver mejor la imagen; incluso se puede emplear la pantalla completa (**Figura 26**).
17. Con la herramienta Cámara puedes obtener una copia de la estructura como imagen. Puedes guardarla en su tamaño original o en un tamaño mayor. Asimismo, con la tecla de la consola puedes guardar el archivo, el cual se descargará directamente en la carpeta Descargas en formato de bloc de notas. Posteriormente, podrás transferirlo a Excel y utilizarlo en otro programa para reconstruir la estructura sin necesidad de dibujarla nuevamente.
18. Puedes rotar la figura en 3D con ayuda del ratón de la computadora y moverla según tu comodidad visual. Al hacer clic al botón derecho, se despegarán más opciones de actividades para tu estructura; por ejemplo, hacerla girar o moverlas automáticamente. Incluso puedes guardar el modelo o exportarlo. Te invito a que lo utilices y practiques.

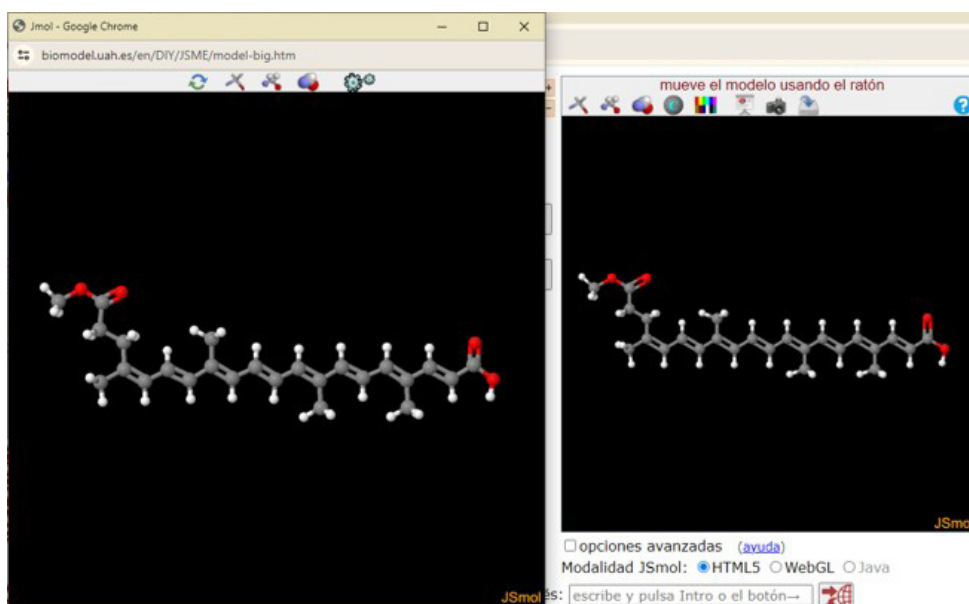


Figura 26. Estructura abierta en una ventana propia.



Existen algunas otras plataformas y páginas que ofrecen gratis el uso de los programas de modelado como **Fisher Scientific** (<https://www.fishersci.es/es/en/search/chemical/substructure.html>), que no requiere descarga de aplicación ni pago. Para descargar gratis está **Avogadro** (<https://avogadro.cc/>), aquí si tendrás que capturar algunos datos y se puede instalar en la computadora. También existe **Revvity Signals** (<https://revvitysignals.com/products/research/chemdraw>), solo que hay que inscribirse y solo da acceso gratuito por un tiempo.

Para concluir

El modelado por computadora nos permite visualizar la estructura de una sustancia y con esto tener una idea más real de la misma, de la unión de sus átomos que la forman y entender mejor la química.



CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO

En primera instancia, pensaríamos que la luz que vemos es muy sencilla; sin embargo, como pudimos apreciar, está conformada por varios colores, de los cuales aquellos que no son absorbidos por el objeto son los que pueden ver nuestros ojos y los que le dan el color que conocemos y relacionamos con dichos objetos.

Podemos apreciar en el interior de las plantas, ya sea en sus hojas, raíces, tallos o flores, una fuente natural de colores para su uso en beneficio humano, porque en su interior tienen sustancias que les proporcionan propiedades benéficas. Como ejemplo, tenemos la bixina en el achiote, la clorofila en la chaya, la betalaína en el betabel y la curcumina en la cúrcuma. También, mediante técnicas de separación como la cromatografía en el labo-

ratorio, podemos observarlas y determinar la composición o descomposición de los colores.

Es interesante saber que estas sustancias se encuentran en las plantas, pero también es útil conocer su fórmula y estructura química para comprender la distribución espacial de los modelos moleculares, ya sean caseros o de kits comerciales. Con la modernidad y la introducción de la computación en la química, se ha desarrollado más nuestra imaginación y podemos observar estas estructuras de manera tridimensional e inclusive nos permite moverlas para observarlas detalladamente. En la actualidad, el modelado de moléculas contribuye grandemente al estudio de reacciones químicas que se hacen en computadora antes de realizarse en el laboratorio y en la elaboración de fármacos.



SOBRE LAS AUTORAS

La **Q. I. Irma Leticia Medina Baizabal** estudió la carrera de Químico Industrial en la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Autónoma de Yucatán. Trabaja como Técnica Académica en el Centro de Investigación Científica de Yucatán, manejando técnicas de laboratorio para la obtención y evaluación de productos naturales, vegetales y fúngicos con aplicaciones en la agricultura y la farmacia; también realiza diferentes bioensayos, como los antimicrobianos, insecticidas y nematicidas.

La **M. C. Lucila Aurelia Sánchez Cach** es maestra en Ciencias en Biotecnología de Plantas. De niña le gustaban mucho las ciencias naturales; por eso estudió para ser química farmacéutica bióloga. Ha trabajado en el cultivo de tejidos vegetales, la extracción de metabolitos, la clonación de genes y la transformación genética. Actualmente está enfocada en la expresión de proteínas pequeñas de plantas con actividad antimicrobiana.

La **Q. F. B. Rosa Grijalva Arango** estudió la carrera de Químico Farmacéutico Biólogo en la Facultad de Química de la UADY y, actualmente, forma parte de la Unidad de Recursos Naturales del Centro de Investigación Científica de Yucatán. Los temas en los que trabaja son: la extracción e identificación de componentes terpénicos en plantas aromáticas y sus aceites esenciales, así como el estudio del efecto e identificación de compuestos presentes en plantas medicinales endémicas de la península de Yucatán.

La **Q. B. B. Mirbella del Rosario Cáceres Farfán** cursó la carrera de Químico Biólogo Bromatólogo en la Facultad de Química de la UADY. Ha colaborado en temas como la extracción, el aislamiento y la identificación de metabolitos activos contra parásitos de plantas y de animales, bioensayos microbianos y, actualmente, trabaja en el estudio de la metagenómica.



GLOSARIO

Antocianinas: son pigmentos naturales solubles en agua responsables de los colores rojo, morado y azul en muchas plantas.

Átomo: unidad fundamental de los elementos químicos.

Betalaina: son un grupo de pigmentos naturales solubles en agua que dan colores rojos, violetas y amarillos a algunas plantas.

Bixina: es un pigmento natural carotenoide responsable del color rojo-anaranjado característico de las semillas del achiote.

Carotenoide: es un pigmento natural de color amarillo, naranja o rojo producido por plantas, algas y algunos microorganismos.

Clorofila: es un pigmento verde presente en las plantas, algas y algunas bacterias, responsable de captar la luz durante la fotosíntesis.

Cromatografía: es una técnica analítica comúnmente usada para separar una mezcla de sustancias en sus componentes individuales.

Disolvente: sustancia con la capacidad de disolver a otra sustancia para formar una solución.



Fase estacionaria: sustancia que permanece fija dentro de la columna.

Fase móvil: es el disolvente que se mueve en la columna o el papel.

Fórmula: representación de los elementos químicos que forman un compuesto químico y de las proporciones en que se encuentran.

Longitud de onda: distancia entre dos puntos correspondientes de la onda, ya sea entre dos puntos máximos o mínimos; se mide en metros (m).

Materia: todo aquello que tiene masa, ocupa un volumen y es capaz de interactuar gravitacionalmente.

Metabolitos secundarios: son compuestos químicos producidos por plantas, hongos y microorganismos; no son esenciales para la vida básica de estos, pero sí fundamentales para la supervivencia, defensa y adaptación.

Modelo molecular: es una representación física o visual de una molécula que se usa para entender cómo están acomodados los átomos y cómo se unen entre sí.

Molécula: conjunto de átomos (del mismo elemento o de elementos diferentes) que están organizados o interrelacionados entre sí.

Parámetros: cualquier característica que puede ayudar a definir o clasificar un sistema particular.

Pigmento: sustancia química que absorbe ciertas longitudes de luz y refleja otras produciendo color.

Química computacional: es una rama de la química que estudia y predice el comportamiento de las moléculas usando métodos matemáticos, físicos y simulaciones por computadora.

Radiación electromagnética: el transporte de energía de una zona del espacio a otra.

Reacción química: proceso mediante el cual dos o más sustancias químicas se transforman, cambiando su estructura molecular y sus enlaces, en otras sustancias nuevas llamadas productos.

Sustancia: clase particular de materia homogénea cuya composición es fija y químicamente definida.



REFERENCIAS

Ciencia Divertida. (s. f.). *Descubre la descomposición de los colores con el disco de Newton*. <https://cienciadivertida.gal/descubre-la-descomposicion-de-los-colores-con-el-disco-de-newton/>

Cuevas, G. (2005). Química computacional. *Ciencia*, 33-42. https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/56_2/quimica_comutacional.pdf

Dirzo, R. (1985). Metabolitos secundarios en las plantas: ¿Atributos panglossianos o de valor adaptativo? *Ciencia*, 36, 137-145. https://dirzolab.stanford.edu/wp-content/articles/A_1985/7_1985_Ciencia

Suárez Millán, M del C y Betancourt Arango, J. P. (2023). La Química Computacional como mediación pedagógica para el aprendizaje de conceptos inorgánicos. *Educación Química*. 34 (1). 71-88.



- Jara, G. E. (2012). *Estudio computacional de procesos de interés orgánico y biológico* (Tesis doctoral). Universidad Nacional de Córdoba.
- Mathias-Rettig, K., & Ah-Hen, K. (2014). Color in food as a measurable quality criterion. *Agro Sur*, 42(2), 57–66.
- Opticaluro. (2015, 27 de marzo). ¿Cómo vemos los colores? <https://opticaluro.com.ar>
- Porto, A. (2016, 10 de febrero). *Introducción a los modelos moleculares 3D*. Proteopedia. [https://proteopedia.org/wiki/index.php/3D_Molecular_Models_\(Spanish\)](https://proteopedia.org/wiki/index.php/3D_Molecular_Models_(Spanish))
- Ruíz Benítez, M. L. (2020). *Cromatografía en capa fina y columna: Guía de laboratorio*. Universidad Simón Bolívar. <https://hdl.handle.net/20.500.12442/7984>
- Saldívar-González, F., Prieto-Martínez, F. D., & Medina-Franco, J. L. (2017). Descubrimiento y desarrollo de fármacos: Un enfoque computacional. *Educación Química*, 28(1), 51–58.
- Soluquiza S. A. (2020, 28 de febrero). *La estructura química: El descubrimiento que cambió la ciencia*. <https://soluquiza.es/la-estructura-quimica-el-descubrimiento-que-cambio-la-ciencia/>
- Torossi Baudino, F. D. (2007). Una experiencia sencilla con fundamentos complejos: La separación de pigmentos fotosintéticos mediante cromatografía sobre papel. *Anales de Química*, 103(4), 45–51.

Descubriendo mi Talento 4



Ciencia y Tecnología
Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación

