Talento CICY

Descubriendo mi Talento 2022

CONACYT
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

CICY

D.R. 2023. *Descubriendo mi Talento 2022*. Fanny Margarita de Gante Ayora, Miguel Ángel Herrera Alamillo, Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. (CICY).

Esta obra debe citarse de la siguiente forma:

De Gante Ayora, F. M., & Herrera Alamillo, M. Á. (Comps.). (2023). *Descubriendo mi Talento 2022*. Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C.

En el caso de capítulos:

Apellidos de autor(es), Iniciales de autor(es) del capítulo. (2023). Título del capítulo. En F. M. De Gante Ayora, & M. Á. Herrera Alamillo (Comps.), *Descubriendo mi Talento 2022* (1era. Ed., pp. xxx-xxx). Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C.

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

Centro Público de Investigación del Conacyt.

ISBN: 978-607-7823-52-0.
Primera edición: abril del 2023.

Coordinador editorial: Julio César Domínguez Orta.
Editor: Miguel Gibrán Román Canto.
Diseño editorial: Norma Marmolejo Quintero.

Hecho en México.

Talento CICY

Descubriendo mi Talento 2022

Fanny Margarita de Gante Ayora

Miguel Ángel Herrera-Alamillo

Compiladores

CONACYT Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología | CICY

Agradecimientos

Dr. Pedro Iván González Chi
Director general del CICY

Comité organizador Talento CICY

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

L. C. C. Julio César Domínguez Orta

L. D. P. Norma Marmolejo Quintero

M. C. M. Fanny Margarita de Gante Ayora

M. C. Miguel Ángel Herrera-Alamillo

L. C. C. Erika Cano León

L. C. C. Miguel Gibrán Román Canto

Ing. Cinthia Mariana Madera González

Ing. Luis Alberto Puc Canul

Autores y autoras

M. C. Edder Darío Aguilar Méndez

Dr. Manuel de Jesús Aguilar Vega

Dr. Antonio Almazán-Becerril

Dr. Jesús Alvarado-Flores

M. C. Mauricio Andrade Marcial

Lic. Juan Manuel Arana-Ravell

M. C. José Martin Baas López

Dra. Elia Ballesteros Rodríguez

M. C. Alejandra Barraza Morales

Q. B. B. Mirbella del Rosario Cáceres Farfán

Br. Rodrigo Carrillo Solís

Dr. Enrique Castaño de la Serna

Dra. María José Castillo García

Dr. José Manuel Cervantes Uc

Dr. Juan Carlos Chavarría Hernández

Dr. Ricardo Herbé Cruz Estrada

M. C. Carlos Vidal Cupul Manzano

Dra. Clelia De la Peña Seaman

M. C. Benjamín Delgado-Pech

pBiól. Jaime Domínguez Córdova

M. C. Jorge Arturo Domínguez Maldonado

L. C. C. Julio César Domínguez Orta

Ing. Agr. Alfredo Dorantes Euan

Dra. Ileana Echevarría Machado

M. en E. D. Fabiola Escalante Erosa

Dra. Beatriz Escobar Morales

M. C. Enrique Escobedo Hernández

M. C. Jean Wildort Félix

Mtro. Luis Samuel Flores Mena

Ing. Jocelyne Dayanna Frías-Hernández

M. C. Francisco Javier García Villalobos

M. C. María Inés Granados-Alegría

Q. F. B. Rosa Grijalva Arango

Dr. Javier Guillén Mallette

Quím. Johanna Zugey Hernández Olguín

Ing. Eunices Arely Hernández-De la O

Ing. Amb. Adriana Hernández-Pérez

M. C. Mauricio José Huhn Ibarra

Dr. Ignacio Islas-Flores

Dra. Ángela Kú González

L. A. Carolina del Carmen Leal Gómez

Biól. Verónica Limones Briones

M. C. María Isabel de los Dolores Loría Bastarrachea

Ing. Cinthia Mariana Madera González

Lic. Genóm. Damián Mayo-Ruíz

Q. I. Irma Leticia Medina Baizabal

Dr. Ángel de Jesús Montes Luna

Biól. Delia Mariela Moreno

Dra. Daniella Esperanza Pacheco Catalán

I. B. Vanessa Carolina Pat Cetina

Dr. Luis David Patiño López

Ing. Agr. Alba Pech Matú

Ing. Jimena Beatriz Peraza-Alvarado

Biól. Gabriela Pineda-García

Dr. Luis Orlando Polanco Vásquez

Dr. Víctor Manuel Ramírez Rivera

Dra. Nayeli Rodríguez Fuentes

Dra. Alma Laura Rodríguez Piña

Br. Citlali Salcedo Jiménez

M. C. Lucila Aurelia Sánchez Cach

Dr. Lorenzo Felipe Sánchez Teyer

Dra. Rita del Rosario Sulub Sulub

Mtra. Miroslava María Talavera Vázquez

Dr. Raúl Tapia Tussell

M. C. Miguel Tzec-Simá

Dra. Blanca Marina Vera-Ku

Ing. en Biotec. Sayuri Alexandra Victoria Velasco

Grupo Académico de Evaluadores Externos

Dr. Fulgencio Alatorre Cobos
Investigador por México del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

Dr. Gabriel Lizama Uc
Profesor investigador
Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Mérida

Dra. Christine McCoy Cador
Profesora investigadora
Universidad del Caribe

Dr. Javier Adrián Morales Morales
Posdoctorante
Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático de la Universidad Nacional Autónoma de México

M. A. Raúl Olvera Méndez
Jefe de Academia/Ciencias Químico-Biológicas
Universidad La Salle (Cancún, Q. Roo)

Dra. Elizabeth Ortiz Vázquez
Coordinadora de la maestría en Ciencias de Agroalimentos y Biotecnología
Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Mérida

Dr. Emilio Pérez Pacheco
Coordinador de posgrado
Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Calkiní en el Estado de Campeche

Dra. María del Carmen Silverio Gómez
Profesora investigadora
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Mtra. Patricia Isabel Quintal López
Docente de Química y Biología
Esc. Sec. Estatal «Raquel Dzib Cicero» (Umán, Yucatán)

Dra. Milagros Várguez Ramírez
Directora del Complejo Científico, Tecnológico y Cultural «Planetario Ka'Yok' de Cancún»
Consejo Quintanarroense de Ciencia y Tecnología

Contenido

4 **Agradecimientos**

10 **Prólogo**

11 PREPARATORIA

12 1P
Descubre los materiales, comprende su utilidad y manejo responsable

Quím. Johanna Zugey Hernández Olguín
M. C. Carlos Vidal Cupul Manzano
Dr. Javier Guillén Mallette
Dr. Ricardo Herbé Cruz Estrada

32 2P
La fruta: una dulce aventura de conocimiento y aplicación

Dr. Lorenzo Felipe Sánchez Teyer
M. en E. D. Fabiola Escalante Erosa
Dra. Elia Ballesteros Rodríguez
Dra. María José Castillo García
Ing. Sayuri Alexandra Victoria Velasco
Ing. Alba Pech Matú

52 3P
Luces, fotosíntesis, acción: el despertar de los cloroplastos

Biól. Verónica Limones Briones
M. C. Mauricio Andrade Marcial
M. C. Edder Darío Aguilar Méndez
Dra. Clelia De la Peña Seaman

68 4P
Creando valor a partir del conocimiento de nuestros ancestros

M. C. Alejandra Barraza Morales
L. A. Carolina del Carmen Leal Gómez
Mtra. Miroslava María Talavera Vázquez
M. C. Francisco Javier García Villalobos

89 5P
Inteligencia artificial aplicada a la sustentabilidad

Dr. Luis Orlando Polanco Vásquez
Dr. Víctor Manuel Ramírez Rivera

101 6P
Alebrijes Zooplanktásticos

Biól. Gabriela Pineda-García
Ing. Amb. Adriana Hernández-Pérez
Dr. Jesús Alvarado-Flores

115 7P
¿Cuál es el color favorito de las plantas?

M. C. Miguel Tzec-Simá
Dr. Ignacio Islas-Flores
Lic. Genóm. Damián Mayo-Ruíz
M. C. María Inés Granados-Alegría
M. C. Jean Wildort Félix

136 8P
Los colores ocultos de las algas y plantas

Ing. Jimena Beatriz Peraza-Alvarado
M. C. Benjamín Delgado-Pech
Ing. Eunices Arely Hernández-De la O
Ing. Jocelyne Dayanna Frías-Hernández
Lic. Juan Manuel Arana-Ravell
Dr. Antonio Almazán-Becerril

153 9P
Captura de CO_2

Dr. Juan Carlos Chavarría Hernández
Dr. Luis Orlando Polanco Vásquez

164 10P
La magia de los biopolímeros

I. B. Vanessa Carolina Pat Cetina
pBiól. Jaime Domínguez Córdova
Dr. José Manuel Cervantes Uc
Dra. Nayeli Rodríguez Fuentes

185 11P
Filtros para el cuidado del acuífero en la península de Yucatán

Dr. Ángel de Jesús Montes Luna
Dr. Manuel de Jesús Aguilar Vega
M. C. María Isabel de los Dolores Loría Bastarrachea
Dra. Rita del Rosario Sulub Sulub
M. C. Mauricio José Huhn Ibarra

200 SECUNDARIA

201 1S
Construyendo un prototipo de casa con dispositivos generadores de energía limpia y renovable

M. C. José Martin Baas López
M. C. Enrique Escobedo Hernández
M. C. Jorge Arturo Domínguez Maldonado
Dra. Daniella Esperanza Pacheco Catalán
Dra. Beatriz Escobar Morales
Dr. Luis David Patiño López
Dr. Raúl Tapia Tussell

215 2S
Las abejas meliponas: de los saberes tradicionales a su anatomía interna

Br. Rodrigo Carrillo Solís
Br. Citlali Salcedo Jiménez
Biól. Delia Mariela Moreno
Dra. Alma Laura Rodríguez Piña
Dra. Ileana Echevarría Machado
Dr. Enrique Castaño de la Serna
Dra. Ángela Kú González

231 3S
El epazote polifacético. De la mesa al laboratorio

M. C. Lucila Aurelia Sánchez Cach
Q. F. B. Rosa Grijalva Arango
Ing. Agr. Alfredo Dorantes Euan
Q. I. Irma Leticia Medina Baizaba3
Q. B. B. Mirbella del Rosario Cáceres Farfán

247 4S
Cultivando en casa plantas útiles para la medicina tradicional

Dra. Blanca Marina Vera-Ku
Ing. Cinthia Mariana Madera González
Mtro. Luis Samuel Flores Mena
L. C. C. Julio César Domínguez Orta

MAX FILL

Prólogo

Descubriendo mi Talento 2022

Este libro digital será tu aliado para explorar las maravillas del mundo científico. En el recorrer de sus páginas descubrirás cómo la ciencia está presente en todo lo que hacemos día a día, incluso verás cómo todas y todos tenemos algo de científicas y científicos. A lo largo de 15 capítulos explorarás conceptos nuevos, desarrollarás algunas habilidades de investigación y pondrás en práctica decenas de experimentos muy sencillos y divertidos.

El contenido de este libro digital didáctico fue compilado de proyectos científicos de la vida real, con la experiencia de personal científico y técnico. En este espacio obtendrás respuestas a preguntas que quizá pensabas que no tenían solución y también se generará otra ola de dudas por resolver, tal como lo hacen los científicos y científicas en su labor cotidiana al interior del laboratorio.

Descubriendo mi Talento 2022 es producto del programa de fomento a las vocaciones científicas Talento CICY, que tiene como objetivo mostrar a la juventud la ciencia como una alternativa de carrera profesional, a la vez que les expone cómo el conocimiento científico es parte fundamental para el entendimiento de todo lo que nos rodea.

Comité organizador
Talento CICY 2022

Este libro es producto del programa de fomento a las vocaciones científicas
Talento CICY 2022, del Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C.,
un centro de investigación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt).

Descubriendo mi Talento
2022

Preparatoria

Talent CICY

CONACYT
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

CICY

1P

Descubre los materiales, comprende su utilidad y manejo responsable

Quím. Johanna Zugey Hernández Olguín

M. C. Carlos Vidal Cupul Manzano

Dr. Javier Guillén Mallette

Dr. Ricardo Herbé Cruz Estrada

Unidad de Materiales (Centro de Innovación Tecnológica, CIT)

Descripción

Las y los participantes conocerán los materiales básicos existentes en la Tierra y sus principales características para clasificarlos, separarlos y aprovecharlos; descubrirán los tipos de materiales plásticos y su clasificación, y adquirirán conciencia sobre la importancia de una gestión adecuada de los residuos.

Objetivo

Conocer los materiales (especialmente plásticos), su clasificación, características, propiedades y aprovechamiento, y el manejo responsable de los residuos.

Materia afín

- Argumentación.
- Conservación del medio ambiente.
- Dinámica de la naturaleza.
- Hacia un desarrollo sustentable.
- Impacto de la ciencia y la tecnología.
- La investigación en las ciencias naturales.
- Tecnologías emergentes en la resolución de problemas.

¿Qué vas a aprender?

- Las etapas del método científico.
- Tipos de materiales y sus características.
- Clasificación y separación de materiales, especialmente plásticos.
- La terminología utilizada en el mundo de los materiales.

Pregunta inicial

¿Quiénes son responsables de la contaminación ambiental? ¿Los materiales o las personas?

PANORAMA GENERAL DEL TEMA

Método científico

A lo largo de la historia, la especie humana ha logrado subsistir y desarrollarse basada en gran parte en su curiosidad e inteligencia. Estas cualidades fueron la piedra angular para crear caminos o **métodos** para generar nuevos conocimientos que explican la causa de muchos fenómenos. La experiencia adquirida y estos conocimientos nos han permitido desarrollar diferentes tecnologías para nuestro provecho. El mejoramiento constante de estas metodologías permitió crear el método científico, que ha sido utilizado por las y los investigadores para hacer un trabajo ordenado y sistemático. En la **Figura 1** se observan las etapas del método científico. Esta metodología te servirá para lograr tu aprendizaje en el tema de los materiales.

Figura 1. Etapas del método científico.

Materiales

Podemos decir que todo lo que ves y hasta ciertas cosas que tus ojos no logran captar, son materiales. Todo lo que tiene **masa**, así sea muy pequeña, se considera un material.

Los materiales están en todas partes y al descubrirlos y conocerlos sabrás cómo aprovecharlos mejor. Con los materiales se pueden fabricar diversos productos que satisfacen necesidades específicas (**Figura 2**). Cuando los materiales y sus productos ya no son útiles para sus propósitos iniciales, entonces generamos los residuos. Si aprendemos a manejar integralmente los residuos de modo responsable, podremos cuidar y preservar el **medio ambiente** donde vivimos y asegurar la supervivencia humana.

Figura 2. Relación entre productos, materiales y materia prima.

Composición de los materiales

Todos los materiales están constituidos por partículas muy pequeñas llamadas átomos, los cuales, a su vez, se componen de partículas subatómicas básicas como electrones, protones y neutrones. Cuando estas partículas subatómicas de diferentes tipos de átomos interactúan entre sí, forman moléculas o iones. Cada grupo particular de moléculas y sus interacciones definen sus propiedades y características. Esto puede ser aprovechado por la sociedad para crear, diseñar y fabricar nuevos productos para satisfacer diversas necesidades. En la **Figura 3** se muestra el ejemplo de la macromolécula del vidrio y su composición (García Bello, 2012).

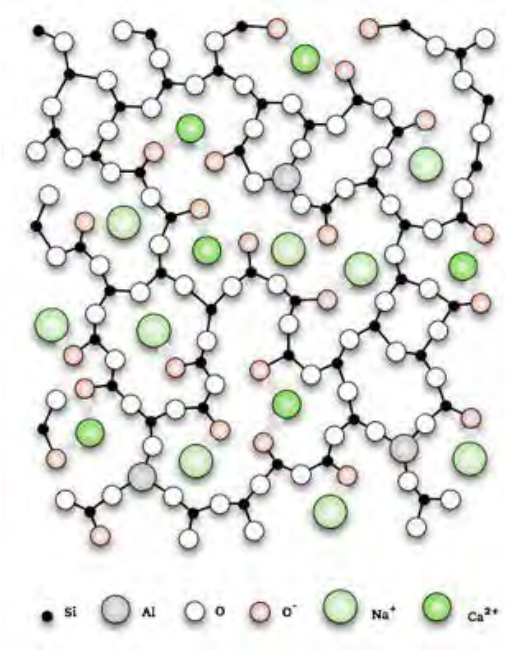


Figura 3. Representación de la macromolécula del vidrio (García Bello, 2012).

¿Qué son los plásticos?

Son **materiales orgánicos sintéticos** (**polímeros** sintéticos) obtenidos por procesos químicos de polimerización. Como ejemplo, la **Figura 4** muestra el proceso de polimerización del polietileno (PE). Este plástico sirve para fabricar diversos productos como bolsas, contenedores, envases, tapas, cestos, maceteros, envolturas, tuberías, perfiles, recubrimientos de cables, productos técnicos, etc. Los plásticos pueden fabricarse a partir de materias primas de origen mineral (recurso no renovable) o de origen biológico (biomasa, recurso renovable) para producir respectivamente los plásticos y los bioplásticos. En el primer tipo de **materia prima** están el petróleo, el gas y el carbón; mientras que la biomasa mayormente empleada es la vegetal, como la del maíz, caña, frutas, fibras y residuos agrícolas, forestales, **agroindustriales** y madereros.

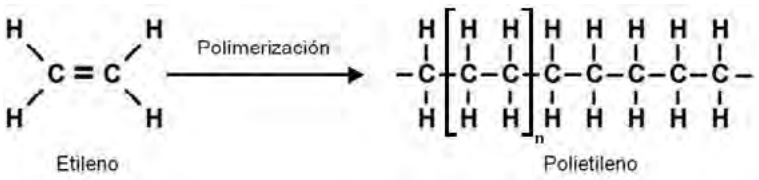


Figura 4. Obtención del polietileno a partir de la polimerización del etileno.

Aplicación y consumo de plásticos

A nivel mundial se estima que se producen cerca de 400 millones de toneladas de productos plásticos anualmente. Para el año 2022, en México se estimó un consumo anual de poco más de 7 millones de toneladas de productos plásticos. En la **Figura 5** se describen los sectores de la economía donde se aplican los productos plásticos (Aguirrezabal Unamunzaga, 2019), donde el más importante es el de envase y embalaje.

Los productos plásticos más conocidos son bolsas, películas plásticas, autopartes, botes, envases, contenedores, espumas, láminas, productos industriales, productos para el hogar, tuberías y conexiones. Algunas de las principales características del plástico son su facilidad de procesarse, moldearse y su resistencia a determinados factores ambientales. Por estas razones han sustituido a diversos materiales, como la madera, el vidrio y el metal en diferentes aplicaciones, pues es muy versátil y tiene una densidad menor. Debido a que son relativamente baratos, se les ha empleado también para crear productos de un solo uso.

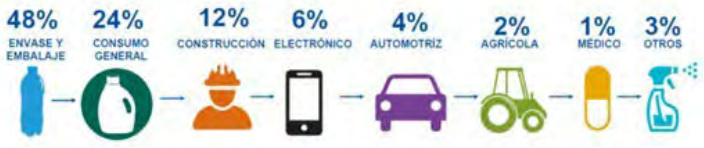


Figura 5. Productos plásticos por sectores económicos (Aguirrezabal Unamunzaga, 2019).

Contaminación por plásticos

La ventaja de la resistencia de un plástico al ambiente, es también su principal defecto. Generalmente los residuos plásticos son **degradados** por factores ambientales en tiempos relativamente grandes hasta de algunas centenas de años. Una gestión inadecuada de estos residuos hace que se acumulen y contaminen la tierra, el agua y el aire (**Figura 6**). Aquí, estos residuos pueden degradarse y fragmentarse en pedazos cada vez más pequeños, formando los llamados macro, micro y nanoplásticos que impactan negativamente el medio ambiente.

Figura 6. Contaminación de playas por productos plásticos (Varillas, 2020).

¿Qué son los residuos?

Son materiales o productos que desechamos y que deben ser valorizados, tratados o dispuestos conforme a las regulaciones vigentes. De acuerdo con su origen y características, hay residuos sólidos urbanos (RSU), residuos de manejo especial (RME) y residuos peligrosos (RP), como se observa en la **Figura 7**, donde se muestran algunos ejemplos. Las formas más empleadas para revalorizar los residuos sólidos son la reutilización y el **reciclaje**. La **disposición de los residuos** puede realizarse aplicando técnicas de incineración, tiraderos a cielo abierto, composteo y **rellenos sanitarios**.

Figura 7. Tipos de residuos.

Responsabilidad compartida en el manejo de los residuos

Dado que toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano, también tiene la obligación de procurar un **desarrollo sustentable**, donde el manejo integral de los residuos juega un papel muy importante. Este manejo hay que realizarlo de modo responsable (**Figura 8**) con la participación de todas las personas involucradas para evitar contaminar e impactar negativamente el ambiente. Para que sea integral, debe incluir la prevención en la generación, la valorización y la gestión última de los residuos.

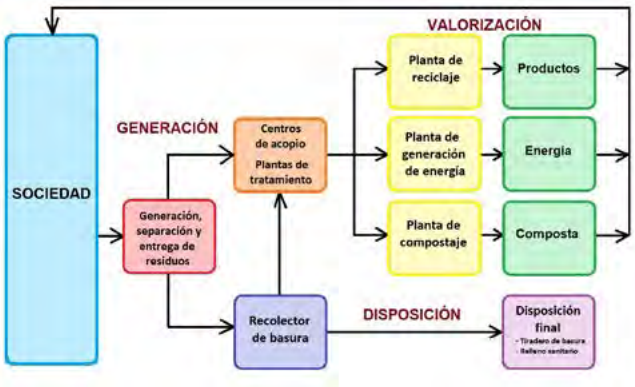


Figura 8. Responsabilidad compartida en el manejo integral de residuos.

PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

Este proyecto fue concebido para despertar tu curiosidad en los temas científicos, particularmente en el vasto universo de los materiales y la generación y manejo integral de residuos. Pensando en ti preparamos este material y algunos experimentos sencillos para adentrarte en este fascinante mundo de la ciencia.

DESARROLLO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

NOTA

Para poder realizar la **Actividad 4** de este capítulo, es necesario que acopies todos los residuos plásticos que generen en tu hogar en una semana completa antes de su ejecución. Como ejemplos de residuos plásticos están las bolsas, envolturas, platos y cubiertos desechables, popotes, envases, tapas, contenedores, ganchos y pinzas, etc. Los residuos que hayan estado en contacto con comida, sólidos o líquidos diversos, o que hayan dejado rastros en las superficies del producto plástico, hay que limpiarlos, lavarlos y secarlos. Todos los residuos plásticos se guardarán en bolsas.

Actividad 1. Tipos de materiales, principales características y aplicaciones

Pregunta de investigación

¿Cuáles son los principales tipos de materiales?

Objetivo

Conocer los principales tipos de materiales, sus características más importantes y aplicaciones relevantes.

Materiales

- Tabla periódica de los elementos.
- Objetos de diferentes tipos de materiales.

Desarrollo

1. En la tabla periódica que se muestra (**Figura 9**), identifica lo siguiente:
   - Los elementos clasificados como metales.
   - Metales comunes como aluminio, zinc, cobre, níquel, fierro, plata y oro.
   - De los metales anteriores, ¿a qué tipo corresponden de acuerdo con la tabla periódica mostrada (**Figura 9**)?
2. De los diferentes objetos que colectaste, identifica cuáles son de vidrio, madera, textil, plástico y metal.

Figura 9. Tabla periódica de los elementos químicos (Foro Química y Sociedad, 2019).

NOTA

Alrededor de 80 elementos pueden ser clasificados como metales. Todos ellos tienen en común que sus electrones externos en un átomo neutro son cedidos fácilmente. Esta característica produce su buena conductividad eléctrica y térmica, su brillo y maleabilidad.

Lo que debes saber

Los materiales de uso técnico se obtienen de materias primas básicas mediante procesos de transformación para, posteriormente, obtener productos tecnológicos. Estos son: la madera, los plásticos, los metales, los materiales pétreos, los cerámicos y los textiles (**Figura 10**).

Maderas
Se obtienen del tronco de los árboles. Pueden ser naturales (pino, cedro, caoba, etc.) o prefabricados (aglomerado, contrachapados, papel, cartón, etc.). No conducen el calor ni la electricidad y son fáciles de trabajar, ligeros y resistentes.

Cerámicos
Se obtienen de arcillas y arenas de base silicio. Tienen baja conductividad eléctrica y térmica, y son usados a menudo como aislantes. Son fuertes y duros, aunque frágiles y quebradizos. Algunos cerámicos avanzados son utilizados en aplicaciones de carga. Entre estos materiales están el ladrillo, el vidrio, la porcelana, los refractarios y los abrasivos.

Plásticos
Se obtienen de fuentes no renovables (petróleo, gas o carbón) o renovables (generalmente biomasa vegetal: maíz, hongos, residuos agrícolas o forestales). Son ligeros y buenos aislantes (baja conducción térmica y eléctrica).

Textiles
Se obtienen a partir de fibras naturales o sintéticas, donde estas se tejen para formar tejidos y telas. Son flexibles, resistentes y fáciles de trabajar.

Metales
Se obtienen de los minerales. Tienen buena conductividad eléctrica y térmica, alta resistencia, rigidez y ductilidad. Son útiles en aplicaciones estructurales o de carga. Las aleaciones o mezclas de metales permiten una mejor combinación de propiedades.

Pétreos
Se obtienen de las rocas del suelo y canteras. Son pesados, resistentes y aislantes del calor y electricidad. Se emplean en la industria de la construcción (casas, edificios, industrias, presas, calles y avenidas).

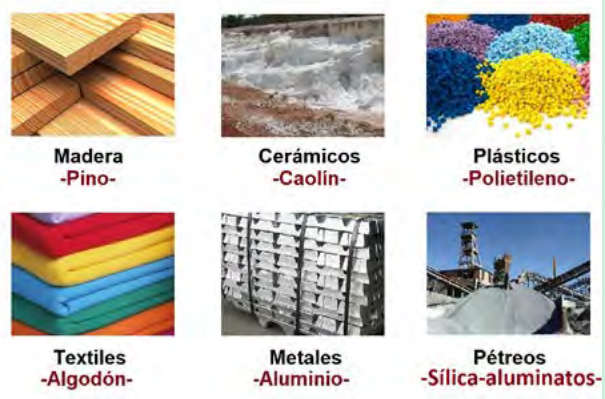


Figura 10. Tipos de materiales técnicos.

NOTA
Para más información, te invitamos a visitar: *Materiales de uso técnico* (https://www.lapresentacion.com/baza/Mat_doc/Tec%202%20-%20Unidad3.pdf).

Conclusiones

Existen varios tipos de materiales conformados por átomos de diferentes elementos que componen moléculas e iones con diversas estructuras que definen sus características y propiedades.

Actividad 2. Separación de diferentes tipos de plásticos por flotación

Pregunta de investigación

¿Es posible separar diferentes tipos de plástico, considerando la diferencia entre sus densidades?

Objetivo

Separar diferentes tipos de plástico por el método de flotación.

Materiales

- Diferentes productos plásticos desechados que tengan el código de identificación 2, 3 y 5.
- Tijeras o cúter para cortar plástico.
- Dos recipientes transparentes de boca amplia (numerados 1 y 2), con capacidad de 1.5 litros. Puede ser una jarra o un envase limpio de mayonesa.
- Recipiente graduado para medir líquidos o un recipiente con un volumen de aproximadamente 250 ml.
- 1.5 litros de agua.
- Unas gotas de detergente líquido para lavar trastes (**surfactante** líquido).
- 250 ml de alcohol etílico.
- Un par de cucharas o agitadores.
- Colador pequeño.

Desarrollo

1. Con las tijeras o cúter, corta fragmentos de los productos plásticos con código de identificación 2, 3 y 5, en tamaños de aproximadamente 5 mm^2 de superficie.

2. Agrega un litro de agua con el medidor de líquidos a uno de los recipientes (**recipiente 1**).

3. Agrega 250 ml de agua al otro recipiente (**recipiente 2**).

4. Al recipiente 1 con agua, agrégale 2 gotas del detergente líquido y mezcla levemente con uno de los agitadores (**recipiente con agua y detergente**).

5. Al recipiente 2 con agua, agrégale 250 ml de alcohol etílico y mezcla levemente (**recipiente con agua y alcohol**).

6. Introduce la mezcla de fragmentos plásticos al recipiente 1 y agita vigorosamente.

7. Espera hasta el reposo del agua y utiliza el colador para retirar los plásticos que quedaron flotando. Enjuágalos con un poco del agua.

8. Introdúcelos al recipiente 2 y agita vigorosamente.

9. Espera hasta el reposo del agua.

10. Para mayor detalle del experimento, observa la **Figura 11**.

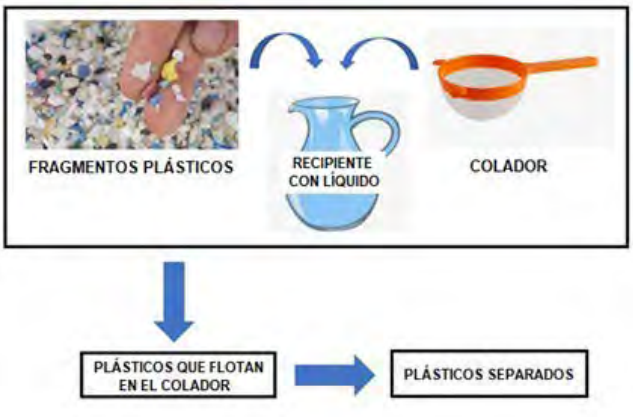


Figura 11. Separando plásticos por flotación.

NOTA
Para más información sobre este tema, te invitamos a visitar: *Métodos utilizados para la separación de plásticos* (http://roymaplast.com/metodos-utilizados-para-la-separacion-de-plasticos/).

Lo que debes saber:

Método de separación de plásticos con líquidos

Se basa en la diferencia de densidades que tienen los plásticos. Con el método de surfactante en agua se consigue separar una mezcla de polietileno de alta densidad (PEAD), polietileno de baja densidad (PEBD), polipropileno (PP), poliestireno (PS), polietilén tereftalato (PET) y policloruro de vinilo (PVC).

La pequeña diferencia en el valor de la densidad de estos plásticos es suficiente para conseguir buenos resultados. Cuando se emplea solo agua, los plásticos de menor densidad que ella flotan y los de mayor densidad se hunden. La fracción que flotó, que puede estar compuesta por varios tipos de plástico, puede ser separada aún más empleando una mezcla de menor densidad que el agua, lo que se consigue con un líquido menos denso, que en este caso fue una mezcla de agua y alcohol (etílico). Mientras que la fracción que se hundió en el agua puede separarse aún más empleando densidades mayores que ella, lo cual se consigue solubilizando minerales (ejemplo, sal de mesa) en agua.

¿Qué es la densidad?

Es la relación entre el peso (masa) de una sustancia y el volumen que ocupa (esa misma sustancia). Entre las unidades de densidad más comúnmente utilizadas están kg/m^3 o g/cm^3.

¿Cuál es el código internacional para identificar plásticos?

Una manera simple para el reconocimiento de un artículo de plástico es observar su código de identificación. Todos hemos visto alguna vez en algún producto plástico, un triángulo hecho de flechas con un número dentro (símbolo de reciclaje), que constituye su código de identificación, tal como se muestra en la **Figura 12**.

Figura 12. Símbolos de identificación de productos plásticos que facilitan su reutilización y reciclaje.

NOTA
Para más información sobre estos temas, puedes a visitar: *Identificación de los plásticos por sus códigos* (https://www.aristegui.info/identificacion-de-los-plasticos-por-sus-codigos/).

Para terminar

- ¿Qué plásticos flotaron y cuáles se hundieron en el primer experimento? ¿Cuáles en el segundo?
- ¿Qué sucedería si cambias la concentración de los componentes en la solución del recipiente 2?

Conclusiones

Algunos plásticos pueden ser separados en dos fracciones: una que flota y otra que se hunde, mediante la diferencia de sus densidades, introduciéndolos en líquidos de densidad conocida.

Actividad 3. Separación de objetos ferrosos

Pregunta de investigación

¿Qué característica se emplea para lograr la separación de productos y materiales ferrosos?

Objetivo

Conocer el proceso generalmente empleado en la industria para separar objetos ferrosos.

Materiales

- Tijeras.
- Cortes de materiales plásticos de aproximadamente 0.5 cm^2 de superficie. Si estos cortes fueran cuadrados, serían de 0.7 cm por lado.
- Cortes de papel y cartón de aproximadamente 1 cm^2 de superficie. De igual forma, si fueran cortes cuadrados, serían de 1 cm por lado.
- Clips metálicos galvanizados o pasadores.
- Algunas piedras pequeñas.
- Cinco imanes de aproximadamente 1 cm^2 de superficie.
- Cinta *masking tape*.
- Un envase transparente de refresco o agua, vacío, limpio y seco.
- Dos recipientes pequeños de yogurt de boca ancha, limpios y secos.
- Un tubo de cartón como el que viene en las tollas de papel o el papel aluminio, o varios de papel higiénico.
- Dos palitos de madera como los que vienen en las paletas congeladas.
- Una pieza de cartón de 8 cm x 20 cm, doblada a la mitad por el lado más corto.

Figura 13. Material requerido para el experimento de separación de metales ferrosos.

Desarrollo:

1. Se corta el fondo del envase transparente y se pegan los imanes en el exterior de este, a la mitad de la altura del envase cortado.
2. Se fija el extremo inferior del envase transparente a uno de los recipientes de boca ancha.
3. En el otro recipiente se colocan todos los materiales colectados, se tapa con la mano y se agitan para ser mezclados.
4. Se arma una estructura similar a la mostrada en la **Figura 14**.
5. Se dejan caer los materiales mezclados al tubo inclinado de cartón para que, por gravedad, pasen por el envase con los imanes. Observa lo que sucede.
6. Para mayor detalle del experimento observa la **Figura 14**.

Figura 14. Separación de objetos metálicos mediante la propiedad de electromagnetismo.

NOTA
La agitación para mezclar los objetos a separar debe ser de arriba hacia abajo, para evitar que los materiales más pesados se separen de los demás.

Lo que debes saber

Algunos metales poseen **propiedades magnéticas**. Esto se debe en parte a que su estructura atómica tiene electrones desapareados en sus niveles de energía, lo que origina un campo magnético alrededor de ellos que puede interactuar con los imanes. En la **Figura 15** se muestra el empleo de la técnica de separación magnética en un conjunto de residuos metálicos. Por otro lado, hay metales no magnéticos que pueden ser separados con otras técnicas.

Figura 15. Separación magnética (Bolívar, 2021).

Para terminar

- ¿Qué sucedió con los diferentes tipos de materiales que pasaron por el envase con imanes?
- ¿Piensas que este método es una buena técnica de separación?
- ¿Qué otro método se te ocurre para lograr la separación de esta mezcla de objetos?
- ¿Sería posible que metales no magnéticos puedan ser atraídos a los imanes con algún tratamiento especial?

Conclusión

El magnetismo es una propiedad de ciertos objetos metálicos que puede emplearse para separarlos dentro de una mezcla con diferentes tipos de residuos sólidos.

Actividad 4. Separación, aprovechamiento y gestión responsable de residuos plásticos

Pregunta de investigación

¿Cuál es mi responsabilidad en el manejo y gestión de los residuos plásticos que genero?

Objetivo

Clasificar, cuantificar, aprovechar y gestionar adecuadamente los residuos plásticos generados en el hogar.

Materiales

- Residuos plásticos acopiados, lavados y secos.
- Libreta, lápiz y pluma.
- Báscula de cocina.
- Internet.
- Celular.

Desarrollo

Ahora es tu oportunidad de cuantificar cuántos residuos plásticos generan en tu hogar en un año, considerando la muestra que acopiaste en estos siete días, y conocer cómo mejorar el manejo integral de estos residuos. Para ello, te invitamos a hacer lo siguiente:

1. Los residuos plásticos que acopiaste deben estar limpios, lavados y secos. Toma fotos o videos de estos residuos. Haz notas y guárdalas en tu celular.
2. Identifica el tipo de cada residuo plástico colectado. Checa si tus productos tienen código de identificación. Toma fotos. Haz comentarios y guárdalos en el celular. Puedes grabar videos con notas de voz.
3. Clasifica los residuos plásticos de acuerdo a su tipo. Toma fotos y sigue haciendo observaciones archivándolas en tu celular.
4. Pesa cada grupo de residuos plásticos. Toma fotos. Haz observaciones. Guarda los resultados.
5. Separa y pesa los residuos plásticos que pueden ser reutilizados en casa. Sigue tomando fotos, notas, videos, etc.

6. Maneja responsablemente los residuos plásticos para que puedan ser reciclados (apoyarse en internet). Sigue recopilando observaciones y notas.

7. Dispón responsablemente los residuos plásticos restantes (apoyarse en internet). Guarda tus evidencias y comentarios de estas acciones.

NOTA
Para reducir el impacto negativo de los residuos en general (por ejemplo, residuos plásticos) en el ambiente, es indispensable que como personas seamos responsables de todos los residuos que generamos.

Lo que debes saber

Tipos de plástico

Existen tres tipos de plásticos de acuerdo con su estructura y comportamiento: termoplásticos, termofijos y elastómeros (**Figura 16**). Los termoplásticos se funden, moldean y reciclan. Los termofijos se obtienen mediante una reacción química entre dos componentes líquidos que se endurecen, no se funden y pueden ser molidos para reciclarse como relleno en nuevos productos. Y los elastómeros, que son elásticos, no se funden y se reciclan moliéndolos para ser incluidos en nuevos materiales y productos.

Figura 16. Tipos de plásticos según su estructura y origen.

Plásticos compostables

En las últimas décadas se han desarrollado bioplásticos biodegradables compostables (**Figura 17**). Cuando estos son residuos, se degradan totalmente en compuestos simples como fertilizantes, agua y gases, donde un compostaje industrial de estos residuos reduce el tiempo de proceso a menos de un mes.

Responsabilidad en el manejo de residuos

Como miembros de una sociedad, la responsabilidad en el manejo integral de residuos es compartida entre todos sus miembros: productores, importadores, exportadores, comercializadores, consumidores, empresas de servicios en manejo de residuos y autoridades. Esto permite implementar un manejo ambientalmente eficiente, tecnológicamente viable y económicamente factible. Ejemplos de estas acciones son las siguientes:

Figura 17. Diferencias entre plásticos compostables y plásticos convencionales (Ecopropuestas, s.f.).

- Minimizar la generación de residuos.
- Prevenir la liberación de residuos al ambiente.
- Asumir los costos en el manejo de los residuos que generamos.
- Apoyar la valorización de residuos para su posterior aprovechamiento.
- Educar y capacitar ambientalmente a la sociedad en el manejo integral de residuos.
- Implementar procesos de producción limpios.
- Disponer solo los residuos que no pudieron ser valorizados.

Para terminar

- ¿De qué tipo son los residuos plásticos que generas regularmente en tu hogar, escuela o comunidad?
- ¿Identificaste algún residuo plástico compostable?
- ¿Cuántos kilogramos de residuos plásticos generan en tu hogar en un año? ¿Cuántos kilogramos por persona?
- ¿Qué acciones realizas para minimizar el consumo de productos plásticos?
- ¿Cómo podrías reutilizar los residuos plásticos generados en tu hogar, escuela o comunidad?
- ¿Qué actividades realizas para que los residuos plásticos puedan ser reciclados?

Conclusiones

Es importante clasificar los residuos para poder gestionarlos adecuadamente. Somos responsables de los residuos que generamos y de su manejo integral: reducción, reutilización, reciclaje y disposición adecuada.

Actividad 5. Separación de materiales ligeros por aire

Pregunta de investigación

¿Qué beneficios tiene el uso de separación de materiales ligeros con aire?

Objetivo

Separar residuos plásticos generados en casa, simulando la separación por aire.

Materiales

- Un tubo de cartón o de plástico transparente de 35 cm de longitud, o tubos más pequeños del mismo diámetro que puedan ser unidos posteriormente. Se sugiere un diámetro de tubo de 5 cm. En tiendas de manualidades puede conseguirse el tubo plástico transparente.
- Pegamento y cinta adhesiva.
- Hojuelas de residuos de envases PET y sus etiquetas de PP, preferentemente cuadradas de aproximadamente 0.7 cm por lado.
- Cartón en forma rectangular de 35 cm x 25 cm.
- Secadora para cabello.
- Dos contenedores.
- Para mayor detalle de los materiales, observa la **Figura 18**.

Figura 18. Materiales para la separación de materiales ligeros.

Desarrollo

1. En caso de tener los tubos cortos, unirlos hasta alcanzar 35 cm de longitud final empleando el pegamento o la cinta adhesiva, según mejor corresponda a tubos de papel o plástico.
2. Corte los extremos del tubo para dejar puntas agudas a 7 cm del extremo. Estos cortes facilitarán la recepción de las hojuelas por un lado y, por el otro, permitirá la separación de la fracción ligera de las hojuelas.
3. Realiza aproximadamente 12 ranuras de 0.5 cm x 0.5 cm, dispuestas en la parte inferior del tubo en tres filas de cuatro incisiones cada una, en los últimos 7 cm antes de la salida del tubo. Este juego de ranuras permitirá el paso del aire por la parte inferior del tubo.
4. Soporta el tubo contra una superficie plana en un ángulo de 45 grados, dejando las ranuras en el extremo inferior del tubo.

5. Coloca el cartón a 10 cm de distancia del tubo a la misma altura que la parte superior de su salida.

6. Coloca los contenedores plásticos, uno debajo de la salida del tubo ranurado y otro después del cartón separador.

7. Administra aire por medio de una secadora por debajo de las ranuras con dirección a la salida del tubo.

8. Vierte las hojuelas de envases y etiquetas por la parte superior del tubo.

9. Para mayor detalle del experimento observa la **Figura 19**.

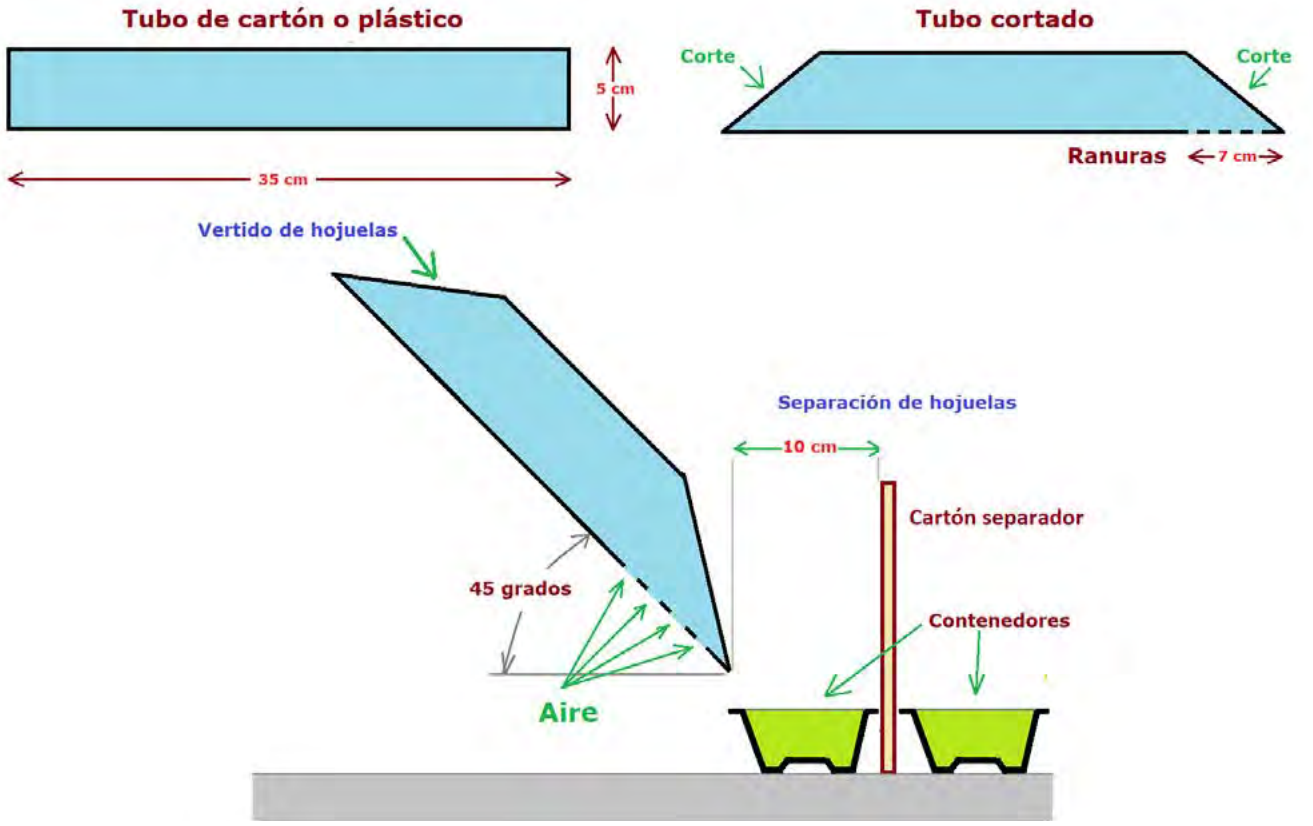


Figura 19. Dimensiones, cortes, ranuras y disposición del tubo y demás materiales para crear el sistema de separación de hojuelas de PET y etiquetas de PP.

NOTA
Para más información del proceso de separación, puedes consultar el siguiente video: *Nihot Recycling SDS animation* (https://www.youtube.com/watch?v=qVhNLTqFjFQ&t=38s).

Lo que debes saber

La clasificación de los residuos plásticos forma parte importante del reciclado debido a la existencia de diversos tipos que aportan diferentes propiedades químicas, físicas y térmicas.

La mezcla de algunos plásticos incompatibles (**material incompatible**) puede ocasionar productos con propiedades variables y de bajo valor. Por ello, la separación de los materiales debe ser la más limpia y pura posible, facilitando de esta forma su reprocesamiento. Esta estrategia supone un ahorro en materia prima, energía y emisiones, además de contribuir a la **economía circular**.

Dentro de los métodos de separación disponibles, se considera el método de separación de materiales ligeros con aire (**Figura 20**). Este es parte del proceso de reciclado que inicia con la entrada de material correctamente distribuido a través de una banda transportadora que lo direcciona hasta una zona de descarga. Los materiales ligeros se transportan a través de un **flujo de aire laminar** que permite su separación, donde la velocidad de aire se reduce permitiendo que los materiales ligeros precipiten a una zona de salida y los materiales pesados caigan a un contenedor al verse limitados por una barrera.

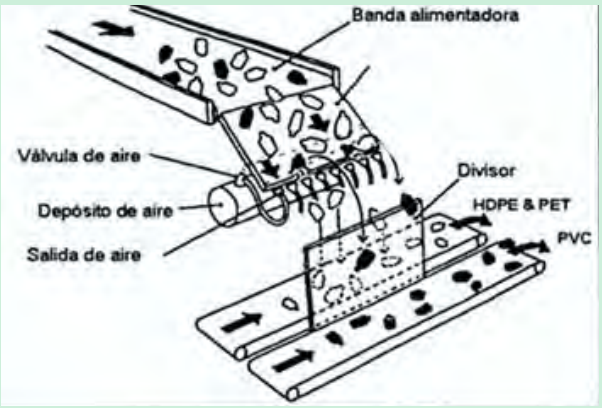


Figura 20. Método de separación por aire (Lara Álvarez, 2009).

Para terminar:

- ¿Lograste cumplir con el objetivo?
- ¿Qué importancia crees que tenga este método?
- ¿Cómo podrías mejorarlo?

Conclusiones

La separación por aire sirve para aislar residuos ligeros de los pesados cuando tienen tamaños similares, y gestionar posteriormente los residuos separados en forma individual.

CONCLUSIÓN GENERAL

Los materiales están por todas partes y son indispensables en nuestra vida diaria para llevar a cabo todas nuestras actividades, ya sea como materiales de uso técnico o productos. Después de cumplir el propósito para el que fueron creados, generamos los residuos, los cuales deben ser valorizados y manejados integralmente. Todos y todas somos responsables de estas acciones para mejorar y alcanzar un desarrollo sustentable sin contaminar nuestro planeta.

SOBRE LOS AUTORES

La **Quím. Johanna Zugey Hernández Olguín** es estudiante del posgrado en Ciencias en Materiales Poliméricos del Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY). Sus temas de interés en investigación son el reciclaje y su procesamiento, economía circular y medio ambiente. De jóven tenía la inquietud de conocer sobre los cambios que presenta la materia bajo diferentes condiciones a nuestro alrededor y poder definirlo, por lo que obtuvo su licenciatura en Química.

El **M. C. Carlos Vidal Cupul Manzano** es Técnico Académico de la Unidad de Materiales (UMAT) del CICY y encargado del Laboratorio de Procesamiento del Centro de Innovación Tecnológica (CIT), en el Parque Científico Tecnológico de Yucatán (PCTY). Los temas de investigación que le interesan son el procesamiento de materiales compuestos a partir de plásticos de desecho y residuos fibrosos naturales. Como estudiante de preparatoria le llamó la atención la precisión y el razonamiento matemático, por lo que eligió una ingeniería como carrera. Tanto su licenciatura como su maestría, las obtuvo en Ingeniería Química.

El **Dr. Javier Guillén Mallette** es Ingeniero de Desarrollo del CIT. Desde joven, su trabajo en laboratorios y plantas piloto especializadas, y sus visitas a empresas e industrias, le permitieron adquirir el gusto por estudiar, experimentar y generar experiencia en desarrollar soluciones prácticas a problemas científicos y tecnológicos. Es ingeniero químico con maestría y doctorado en temas de polímeros. Los plásticos y concretos son sus temas favoritos, en los cuales realiza investigación y desarrollo para generar nuevos conocimientos y tecnologías innovadoras.

El **Dr. Ricardo Herbé Cruz Estrada** es Profesor Investigador de la UMAT del CICY. Trabaja en el área de Procesamiento del CIT en el PCTY. Le interesa el reciclaje de residuos sólidos mediante su procesamiento por métodos térmicos para obtener nuevos materiales para ayudar a disminuir la contaminación ambiental por su acumulación descontrolada. De jóven quiso entender por qué ocurren cambios en los materiales cuando se calientan y comprimen; por eso eligió la ingeniería. Su licenciatura es en Ingeniería Química Industrial, y su maestría y doctorado son en procesamiento y obtención de materiales plásticos.

GLOSARIO

Degradación: es un proceso de interacción entre los materiales y el medio ambiente que los rodea, lo cual genera cambios en sus estructuras, características y propiedades. Algunas de sus etapas producen la descomposición parcial o total del material en moléculas más simples.

Desarrollo sustentable: son las acciones que realizan las sociedades para alcanzar un desarrollo equilibrado en lo económico, social y ambiental, sin comprometer el futuro de las nuevas generaciones.

Disposición de residuos: los residuos que no pudieron ser valorizados o tratados son puestos en lugares de disposición final, como tiraderos a cielo abierto o rellenos sanitarios. Estos lugares están acondicionados para cumplir las regulaciones ambientales vigentes y evitar daños a la salud y la contaminación al medio ambiente.

Economía circular: es un modelo de producción y consumo sostenible que busca reducir la incorporación de nuevas materias primas en los ciclos productivos y el consumo de nuevos productos, y aumentar la reutilización y el reciclaje de materiales y productos.

Flujo laminar: es el movimiento ordenado de un fluido en forma de láminas paralelas que tienen la misma velocidad y dirección.

Material incompatible: es un material que no se puede mezclar con otro debido a su naturaleza y estructura química. Algunas veces, el contacto de cierta clase de materiales incompatibles produce reacciones químicas adversas con emisión de gases o líquidos tóxicos.

Masa: es una magnitud física que mide la cantidad de materia que contiene un cuerpo. Su unidad de medida en el Sistema Internacional de Unidades es el kilogramo (kg).

Materia prima: es todo material que proviene de la naturaleza y que puede ser transformado en un material de uso técnico o en un producto. Puede ser de origen no renovable (petróleo, gas, etc.) y renovable (biomasa vegetal o animal).

Materiales orgánicos: son todos aquellos materiales compuestos de átomos de carbono y, en menor medida, de otros átomos de hidrógeno, nitrógeno, azufre, fósforo, entre otros. Estos materiales pueden ser de origen natural o sintético.

Materiales sintéticos: son los materiales creados mediante procesos de síntesis química para generar materiales de uso técnico o productos con propiedades a la medida, a partir de materiales más simples.

Medio ambiente: es un espacio compuesto por elementos naturales y artificiales que interactúan con los seres vivos que lo habitan. Cuando las sociedades humanas lo habitan o aprovechan, deben hacerlo de modo sustentable.

Método: es la forma sistemática, organizada y estructurada de realizar acciones para alcanzar un objetivo o resultado.

Polímero: es una macromolécula formada por unidades repetidas llamadas monómeros, donde tal unión se lleva mediante un proceso de polimerización. El tipo, cantidad y configuración de los monómeros en el polímero determina sus características y propiedades.

Propiedades magnéticas: son las respuestas de atracción o repulsión de ciertos materiales y productos al ser expuestos a un campo magnético. Este puede ser producido por una corriente eléctrica o momento magnético. Metales como el hierro, cobalto y níquel, y algunas de sus aleaciones, presentan estas propiedades.

Reciclaje: es un proceso de valorización de materiales y productos desechados en la producción de nuevos productos y la generación de nuevos materiales aprovechables. Facilita alcanzar el desarrollo sustentable de las sociedades humanas.

Relleno sanitario: es un espacio destinado a la disposición final de residuos sólidos urbanos sin afectar al medio ambiente ni la salud pública. Este lugar se rellena con residuos sólidos hasta alcanzar cierto nivel previsto, cuando es cubierto para evitar su dispersión.

Residuos agroindustriales: es la biomasa generada por industrias que aprovechan diversos productos agrícolas para elaborar harinas, bebidas, fibras vegetales, entre otros productos. Estos residuos pueden ser aprovechados para la manufactura de nuevos materiales y productos, o generar combustibles y producir energía.

Surfactante: es una sustancia que permite reducir la tensión superficial de un líquido que promueve una mejor interacción física con otros materiales al estar en contacto.

REFERENCIAS

Aguirrezabal Unamunzaga, I. (2019). *Plásticos en México*. Oficina Económica y Comercial de España en Ciudad de México.

Bolívar, G. (2021). Separación magnética. *Lifeder*. Consultado en: https://www.lifeder.com/separacion-magnetica/ (13 sep. 2022).

Ecopropuestas (s.f.). *Vajilla compostable vs. plástico irreversible*. Consultado en: https://www.ecopropuestas.com/content/6-ecologia (13 sep. 2022).

Foro Química y Sociedad (2019). *Año Internacional de la Tabla Periódica de los Elementos Químicos*. Consultado en: https://www.quimicaysociedad.org/tabla-periodica-de-los-elementos-quimica/ (13 sep. 2022).

García Bello, D. (2012). Cristal Vs. Vidrio. *Dimetilsulfuro*. Consultado en: https://dimetilsulfuro.es/2012/09/03/cristal-vs-vidrio/ (13 sep. 2022).

Lara Álvarez, L. (2009). *Métodos para la separación del PVC contaminante en el reciclado del PET*. Tesis de especialización no publicada. Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA).

Varillas, A. (2020). Basura plástica amenaza Áreas Naturales Protegidas mexicanas, revela estudio. *Estamos aquí.mx*. Consultado en: https://estamosaqui.mx/2020/09/03/basura-plastica-amenaza-areas-naturales-protegidas-mexicanas-revela-estudio/ (13 sep. 2022).

2P

La fruta: una dulce aventura de conocimiento y aplicación

Dr. Lorenzo Felipe Sánchez Teyer

M. en E. D. Fabiola Escalante Erosa

Dra. Elia Ballesteros Rodríguez

Dra. María José Castillo García

Ing. en Biotec. Sayuri Alexandra Victoria Velasco

Ing. Agr. Alba Pech Matú

Unidad de Biotecnología (Laboratorio de Marcadores Moleculares)

Descripción

Las y los estudiantes analizarán las partes que componen a una fruta y constatarán los usos adicionales que se pueden dar a los subproductos (piel y semilla). Realizarán actividades experimentales para elaborar productos a partir de la piel, pulpa y semilla.

Objetivo general

Evaluar el aprovechamiento de las diversas partes de una fruta (piel, pulpa y semilla), a partir de usos alternativos de lo que se desecha.

Objetivos específicos

1. Piel
   - Realizar una composta utilizando cáscaras de naranja, melón y aguacate.
   - Realizar un aromatizante natural y/o repelente de insectos con cáscaras de naranja.
2. Pulpa
   - Elaborar mermelada utilizando cáscaras de naranja.
3. Semilla
   - Llevar a cabo la caracterización estructural de una semilla.
   - Elaboración de harina de semilla de melón.

Materia afín

- Ciencias Naturales-Química en la vida cotidiana (primer semestre, UADY).
- Ciencias Naturales-La investigación en las ciencias (sexto semestre, UADY).

¿Qué vas a aprender?

Aplicar el método científico: observación, hipótesis, experimentación y análisis.

- Trabajar a distancia mediante el uso de las TIC´s.
- Generar un desarrollo de usos alternativos del descarte de subproductos de frutas que permitan elaborar nuevos productos utilizables.

Pregunta inicial

¿Pueden utilizarse los subproductos de desecho de frutas en la elaboración de nuevos productos?

PANORAMA GENERAL DEL TEMA

La fruta es fuente importante de la alimentación humana. Además de su bajo aporte calórico, brinda vitaminas, minerales y fibra que contribuyen de manera importante al buen funcionamiento del organismo. (Cervantes-Delfín, 2016).

Aun cuando es recomendable consumirla casi de manera| total, no en todos los casos es posible; dependiendo de la fruta que se trate, se desechan partes no consumibles como la piel y semillas, no aptas para la ingesta humana.

En la actualidad existe un incremento en el consumo de fruta por la población y de pequeños negocios donde, por lo regular, solo se consume la pulpa, ya sea de manera natural o como productos elaborados. Por su parte, los subproductos como la piel y las semillas pocas veces son aprovechadas, en gran medida por falta de conocimiento sobre cómo utilizarlas. Estos subproductos en muchos casos presentan un alto contenido de vitaminas o fibra que son desaprovechadas.

Algunas investigaciones han planteado propuestas de aprovechamiento integral de los subproductos; por ejemplo, de la piel de algunas frutas se ha obtenido aceite vegetal, fibra y aceites esenciales que se utilizan en la elaboración de alimentos, aromatizantes, productos de perfumería con diversas propiedades benéficas a la piel, entre otras aplicaciones (Carbo-Franco, 2010; Castro-Escorcia, 2020).

Se pueden mencionar algunos usos, como la obtención de carbón activado a partir de la piel de naranja y toronja, utilizado para la eliminación de materiales pesados de aguas residuales, o la elaboración de jugos y cocteles empleando como materia base la piel de la piña. Por otro lado, algunas semillas, como las del melón, han sido utilizadas para la elaboración de harinas que se usan en la fabricación de galletas y panes. Es por ello que, el conocimiento de propuestas para el aprovechamiento integral de una fruta no solo contribuye a un menor desecho de productos orgánicos que eliminamos de manera inadecuada, sino que contribuye a darle un valor agregado.

PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto plantea propuestas para un aprovechamiento integral de la pulpa, piel y semillas de algunas frutas.

En esta ***dulce aventura de conocimiento y aplicación*** se presenta material didáctico sobre las partes que componen a una fruta, desde su parte externa a la más interna; se analizarán las principales características de cada una, su papel en el consumo humano y sus principales aportes benéficos a la salud.

Durante el desarrollo del proyecto se presentarán propuestas de utilización experimental de la piel, pulpa y semillas.

DESARROLLO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Actividad 1. Tipos de materiales, principales características y aplicaciones

Pregunta de investigación

¿Cuál es el principal aporte de los desperdicios orgánicos de las frutas y la importancia de su aprovechamiento en un proceso de compostaje?

Objetivo

Elaborar una composta supernutritiva a partir de los subproductos de las frutas elegidas para el proyecto (melón, naranja y aguacate) u otros desperdicios orgánicos que tengas en tu casa (frutas, vegetales, cáscara de huevo, residuos de granos de café, etc.).

Materiales

- Dos cubetas vacías (de las de pintura, una con orificios abajo).
- Desperdicios orgánicos (verdes, de frutas, vegetales, restos de café, etc.); cortados en trozos pequeños aceleran el proceso de compostaje (opcional).
- Tierra preparada (de vivero).
- Tierra común seca (sin piedras).
- Polvo de carbón vegetal (del desperdicio del asado). Se puede reemplazar con hojas secas molidas con las manos.
- Agua (por cada 20 litros de composta se utilizan 10 litros de agua).
- Cubrebocas (para evitar respirar el polvo de la tierra o el carbón) y guantes.

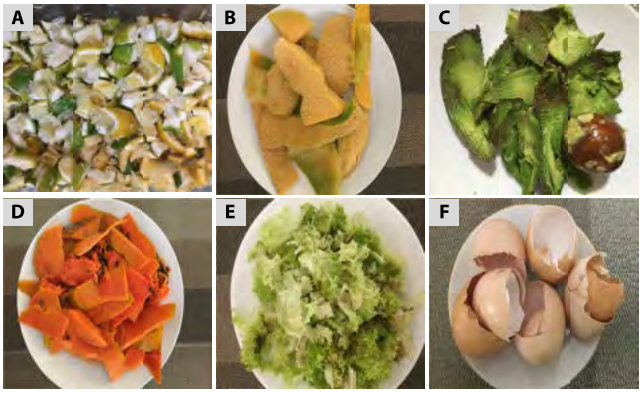


Figura 1. Desechos orgánicos utilizados para la elaboración de la composta sugeridos en el proyecto: A) cáscara de naranja, B) cáscara de melón, C) cáscara de aguacate. Otros desechos orgánicos opcionales: D) cáscara de papaya, E) hojas de lechuga, F) cáscara de huevo.

Desarrollo

1. Poner la cubeta con orificios dentro de la que no tiene.

2. Posteriormente, se irán colocando las capas de la siguiente manera:
   - Capa de carbón.
   - Cubrir con puñados de tierra.
   - Capa de desperdicios orgánicos.
   - Capa de tierra preparada.
   - Capa de tierra común.
   - Capa de desperdicios orgánicos.
   - Capa de tierra preparada.
   - Capa de tierra común.
   - Capa de desperdicios orgánicos.
   - Capa de tierra preparada.
   - La última capa de tierra común debe ser más gruesa.

3. Oprimir con las manos para tratar de compactar lo más posible.

4. Ir añadiendo el agua poco a poco hasta que el preparado esté totalmente mojado.

5. La cantidad de capas puede aumentarse cuantas veces se desee, repitiendo los pasos 3 y 4.

Figura 2. Proceso de la elaboración de una composta.

NOTAS

- Tiempo del proceso: 40 a 60 días.
- Mantener la cubeta del preparado de composta expuesta al sol. Tapada ayuda a acelerar el proceso de descomposición de la materia orgánica.
- Siempre debe mantenerse húmeda, por lo que deberá revisarse periódicamente.
- El agua que se va almacenando en la cubeta de abajo está llena de nutrientes, por lo que puede utilizarse para ir humedeciendo el preparado. Si prefieres, también puede utilizarse agua limpia.

Lo que debes saber

Los diferentes materiales orgánicos utilizados para realizar una composta son fuente de nutrientes que terminarán siendo parte de la composta supernutritiva.

El compostaje es un proceso de descomposición de la materia orgánica llevada a cabo por microorganismos.

Algunos beneficios de la composta son la retención de agua en el suelo o macetas, y el aporte de nutrientes esenciales (como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre) que mejoran el crecimiento de las plantas.

Conclusiones

Los residuos orgánicos son subproductos que pueden reutilizarse en un proceso de compostaje aprovechando su contenido nutricional, otorgándoles un valor agregado. La composta que acabas de hacer la puedes usar para fertilizar las plantas de tu preferencia y la puedes preparar cada vez que tengas residuos orgánicos.

Actividad 2. Elaboración de un aromatizante y repelente con la piel de la naranja

Pregunta de investigación

¿Cuál o cuáles son los principales componentes volátiles (aromáticos) de la piel de la naranja y qué aplicaciones pueden tener?

Objetivo

Elaborar un aromatizante/perfume casero a partir de los desperdicios de las frutas del naranjo.

Materiales

Aromatizante

- Cáscaras de 2 a 4 naranjas.
- Diez piezas de clavo de olor (para cocinar).
- Canela en rajas (10 piezas aprox.).
- Agua (1 litro aprox.).
- Olla con tapa.
- Colador.
- Jarra.
- Frasco con atomizador.

Esencia

- Cáscaras de naranja (2 piezas).
- Alcohol de farmacia (1/2 taza).
- Aceite de almendras (2 cucharadas).
- Agua purificada (1/2 taza).
- Frasco de vidrio con tapa.
- Frasco con atomizador.
- Embudo.

Desarrollo

El aromatizante y la esencia se pueden obtener de manera sencilla aplicando los siguientes pasos.

Aromatizante

1. Verter el agua en una olla y poner a calentar a fuego medio (**Figura 3A**).
2. Agregar las cáscaras de naranja (**Figura 3B**).
3. Después de 5 minutos, agregar los clavos y la canela (**Figura 3C**).
4. Tapar y dejar hervir.
5. Apagar el fuego y dejar enfriar.
6. Una vez frío, pasar por un colador para eliminar las cáscaras (**Figura 3D**).
7. Con ayuda de un embudo, pasar a un frasco con atomizador y usar (**Figura 3E**).
8. El aromatizante está listo para usarse (**Figura 3F**).

Esencia

1. Poner en un frasco de vidrio las cáscaras de naranja (**Figura 4B**).
2. Agregar alcohol (**Figura 4C**).
3. Cerrar el frasco y guardar por 10 días.

Figura 3. Proceso de elaboración del aromatizante.

4. Pasado ese tiempo, retirar las cáscaras.
5. Poner a hervir el agua purificada.
6. Cuando logre hervir, apagar el fuego y dejar enfriar.
7. Una vez fría, agregar el agua purificada al frasco que contiene el alcohol.
8. Adicionar 2 cucharadas de aceite de almendras, cerrar el frasco y agitar vigorosamente.
9. Con ayuda del embudo, pasar la mezcla al frasco con atomizador.
10. Agitar vigorosamente antes de usar.

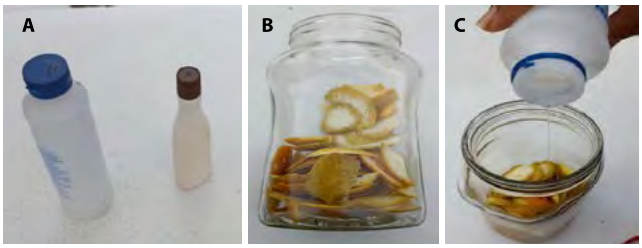


Figura 4. Materiales para la elaboración de esencia. A) Alcohol y aceite de almendras, B) modelo del frasco de vidrio que se necesita, y C) proceso de adición de alcohol a cáscaras de naranja.

NOTAS

- Ten mucho cuidado al hacer uso de la estufa y durante el proceso de elaboración del aromatizante, esto para evitar posibles quemaduras; es recomendable que se encuentre una persona adulta supervisando cuando realices los primeros pasos.
- El aromatizante tiene un periodo de uso corto (2 a 3 días máximo), durante este tiempo puedes dejarlo reservado en lugares frescos y verifica que la luz no le dé directamente.
- Es muy importante que el lugar en donde guardes tu frasco para la esencia sea fresco y lo proteja de la luz.
- Utiliza un embudo para ayudarte a verter el aromatizante y perfume en tus frascos con atomizador para evitar desperdicios.
- Si no tienes cáscaras de naranja, podrías intentar con otros cítricos.

Lo que debes saber

La naranja y las numerosas especies de cítricos provienen de las zonas tropicales y subtropicales de Asia y del archipiélago malayo; desde allí se distribuyeron a las otras regiones del mundo donde hoy se cultivan cítricos (INTA, 2022).

Las naranjas son una muy buena fuente de vitamina C, la cual es necesaria para el crecimiento y reparación de tejidos en todas las partes del cuerpo, y tiene función **antioxidante**; de igual forma contienen vitaminas A, B1 y B2, y minerales como potasio, cobre y azufre, así como ácido fólico.

Sus beneficios medicinales se han relacionado con estos compuestos bioactivos. Entre estos se encuentran la absorción de hierro, la reducción de los niveles de colesterol, el fortalecimiento del sistema inmunológico y ayudar a combatir el estreñimiento.

Los cítricos son frutas ricas en compuestos fenólicos como los ácidos fenólicos y flavonoides; estos bioactivos están más presentes en las cáscaras que en otras partes de la fruta (Ademosum, 2022).

A nivel mundial, el cítrico que más se produce y comercializa es la naranja. En México es un producto agrícola básico porque, además de ser parte en la dieta de la población (en promedio se consumen 34 kg por persona al año), generan un importante número de empleos e ingresos (Biblioteca de Publicaciones Oficiales del Gobierno de la República, 2022).

La **región citrícola** más importante de Yucatán y donde se desarrolla el 80% de la **citricultura** en la entidad, es el corredor de la zona sur que comprende los municipios de Oxkutzcab, Dzan, Akil, Ticul, Maní, Tzucacab, Santa Elena, Tizimín, Motul, Tekax, Muna y Sacalum; el restante se cultiva en la zona oriente y norte del estado (Ángeles y Jacinto, 2021).

Conclusiones

Empleando los residuos del consumo diario de cítricos, es posible preparar diversos productos que harán nuestra vida más aromática y deliciosa, además de reducir la cantidad de desechos que generamos.

Actividad 3. Elaboración de una mermelada casera

Pregunta de investigación

¿Cuál es la importancia de la pulpa en la alimentación y cómo implementarla en una dieta balanceada?

Objetivo

Elaborar una mermelada casera a partir de frutas.

Materiales

- Dos tazas de guayabas.
- 1/2 taza de azúcar.
- Una olla pequeña.
- Un frasco de vidrio pequeño (250 ml).
- Dos naranjas.
- Cuatro tazas de agua.

Desarrollo

Esta actividad te guiará para preparar una ***dulce aventura***, siguiendo los pasos que a continuación se describen.

1. En una olla hierve el agua y cocina las guayabas (previamente lavadas y desinfectadas) durante 15 minutos y reserva.

2. Con ayuda de un rallador, quita la cáscara de las naranjas procurando no tomar la parte blanca.

3. Cuando las guayabas estén suaves, con una cuchara de madera quita las semillas; licúalas junto con el azúcar y una taza de agua hasta que parezca puré. Reserva.

4. En una olla pequeña agrega el puré y cocina a flama baja por 30 minutos sin dejar de mover.

5. Dos minutos antes de apagar, añade la cáscara de naranja.

6. Agrega la mermelada al frasco cuando todavía esté caliente y ponlo boca abajo hasta que se enfríe en esa posición, para que se conserve por más tiempo.

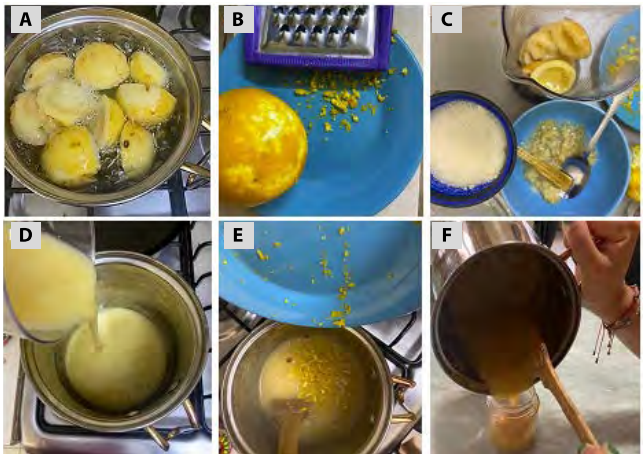


Figura 5. Proceso de elaboración de la mermelada.

NOTA
Tiempo de elaboración: 45 minutos.

Lo que debes saber

- Los cítricos por su alto contenido de pectina que se encuentra en los tejidos de la fruta, los convierte en un importante factor de estudio. Algunas frutas no requieren la adición de pectina; en otras, la cantidad necesaria para formar una mermelada o jalea de consistencia comercial depende de varios factores, tales como la calidad y cantidad de la pectina contenida en la propia fruta.

- La adición de cáscaras de frutas cítricas permite obtener mermeladas con ideas nuevas, aprovechar sustancias en estado natural para elaborar productos tecnológicos que permitan abaratar costos, mejorar la producción de derivados de frutas aprovechando el conocimiento para inferir su comportamiento durante el procesamiento. Presentar productos de calidad de esta manera, proporcionará nuevas ideas dentro de la industrialización mediante el aprovechamiento de las cáscaras de cítricos para no desecharlas en gran cantidad y hacer uso de ellas con propósitos naturales y deliciosos (Guato, 2006).

- La mermelada es la mezcla del azúcar de la fruta y el azúcar agregada con la pectina presente o adicionada, para formar un gel que le otorga al producto una naturaleza especial. El gel se forma cuando la mezcla alcanza los 65 grados Brix (65% de azúcar), una acidez de 1% y un contenido total de pectina de 1%.

- Cuentan con un alto valor nutricional, siendo una fuente indispensable de fibra, vitaminas A, E y C, proteínas, y es libre de conservadores químicos.

Conclusiones

La guayaba, así como otras frutas, se emplean para preparar deliciosos productos que, además de ser ricos y nutritivos, son alternativas para aprovechar al máximo lo que tenemos a la mano. En lugar de tirar, podemos diversificar, aprovechar y disfrutar.

Actividad 4. Semillas: estructura y caracterización

La semilla es el cuerpo reproductivo característico de las angiospermas (plantas con flores) y de las gimnospermas (coníferas, ginkgos, etc.). Esencialmente, una semilla consiste de una planta no desarrollada en miniatura (embrión) que, sola o en compañía de alimento almacenado (endospermo) para su desarrollo temprano después de la germinación, está rodeada de una capa protectora (testa).

Las semillas cumplen con una amplia variedad de funciones: multiplicación, perennidad (sobrevivencia de estaciones de estrés como el invierno), dormancia (estado de desarrollo temporalmente suspendido) y dispersión.

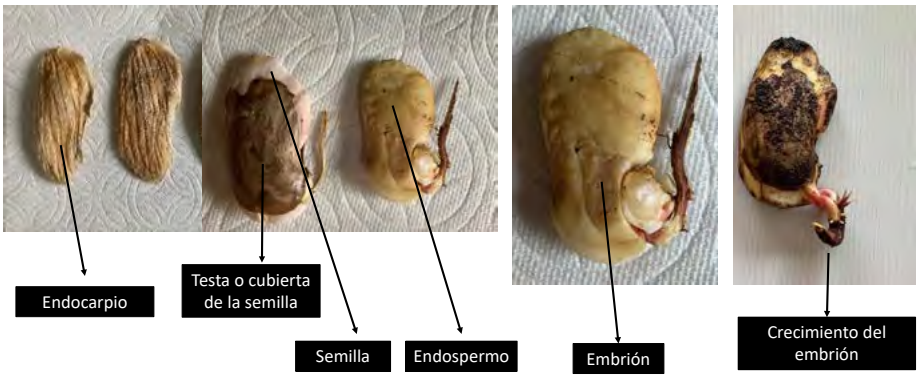


Figura 6. Partes de la semilla del mango.

NOTA
Amplia tus conocimientos sobre los tipos de semillas y su clasificación en el siguiente enlace: *Partes de la semilla y sus funciones* (https://www.ecologiaverde.com/partes-de-la-semilla-y-sus-funciones-1973.html).

Pregunta de investigación

¿Cuáles son las partes de una semilla y qué función tienen?

Objetivo

Identificar las partes de una semilla y sus funciones.

Materiales

- Semillas (mínimo 10 diferentes frutos y 10 piezas por cada uno [semillas pequeñas], y solo 2 si son mayores a 4 cm de longitud). Puedes utilizar las que tengas disponibles en casa, por ejemplo: aguacate, durazno, papaya, naranja, limón, etc.
- Libreta.
- Lápices.
- Regla y/o hoja de papel milimétrico.
- Lupa.
- Papel absorbente.

Desarrollo

1. Extrae las semillas de los diferentes frutos. Puedes ir guardando las de las frutas que consumes en casa para que lleves a cabo tu práctica.
2. Enjuágalas y colócalas sobre papel absorbente y déjalas secar. Puedes ir almacenándolas en frascos que tengas disponibles.
3. Coloca las semillas secas sobre el papel milimétrico y/o con la regla, determina el tamaño, mide el ancho y largo. Visualmente determina el color y la forma.
4. Abriremos las semillas por la mitad y observaremos sus partes.
5. Elabora esquemas de las semillas de los diferentes frutos e identifica sus partes.
6. Elabora una gráfica con base en los datos de longitud de las semillas.
7. En PowerPoint elabora un álbum fotográfico de las diferentes semillas que almacenaste.

8. Si tienes oportunidad, germina algunas antes de llevar a cabo tu práctica para que puedas observar el crecimiento del embrión. Toma una fotografía para anexarla a tu álbum fotográfico.

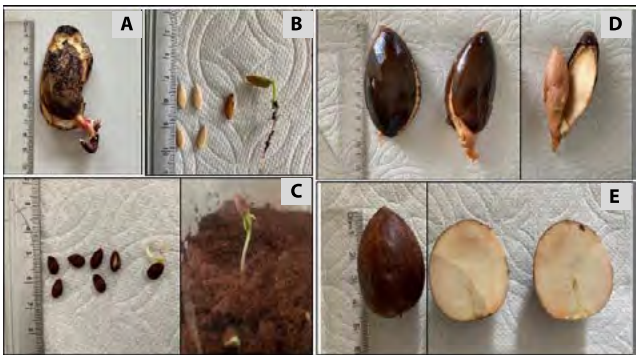


Figura 7. Semillas de diferentes frutos: A) mango, B) melón, C) manzana, D) mamey, y E) aguacate.

NOTA
Las características de las semillas permiten observar las similitudes y diferencias entre las diferentes especies.

Lo que debes saber

Existe una inmensa diversidad en la estructura interna y externa de las semillas. Estas diferencias están relacionadas con las estrategias de dispersión y germinación, y pueden involucrar el tamaño, la posición del endospermo y el embrión, la estructura, la textura y el color de la cubierta de la semilla, la forma y dimensiones en su conjunto.

Conclusiones

Cada tipo de fruta contiene una o varias semillas, y ellas difieren en tamaño, color, peso y humedad. Cada una contiene todo para convertirse en una planta completa si se pone en las condiciones adecuadas. Esto lo comprobaremos en la siguiente actividad.

Actividad 5. Germinados

Recordemos que la semilla es la estructura encargada de dar origen a una nueva planta. Para hacerlo debe pasar por el proceso de germinación que requiere de los siguientes elementos básicos: luz, agua, aire, suelo o sustrato, y temperatura.

La germinación comprende tres etapas sucesivas:

1. Absorción de agua por imbibición, causando el hinchamiento y ruptura final de la testa.
2. Inicio de la actividad enzimática y del metabolismo respiratorio, translocación y asimilación de las reservas alimentarias en las regiones en crecimiento del embrión.
3. Crecimiento y división celular que provoca la emergencia de la radícula y, posteriormente, de la plúmula.

Los germinados o brotes de las semillas, están listos para su consumo de uno a ocho días posteriores a su germinación. Los germinados son plantas jóvenes que tienen un tallo y dos hojas pequeñas con un alto valor nutricional. El proceso comercial de germinación usualmente inicia cuando las semillas son mojadas por varias horas para después ser expuestas a una combinación de calor y humedad. Por último, se les deja crecer por varios días y el producto final suelen ser brotes que miden entre 2 y 8 cm de longitud. Los germinados proporcionan una gran variedad de vitaminas, minerales, proteína y fibra.

Puedes conocer más acerca de la germinación en el siguiente enlace: *La germinación de las semillas* (https://m.youtube.com/watch?v=0e0ZGlhZFtw).

Pregunta de investigación

¿Cómo aprovechar las semillas para obtener germinados?

Objetivo

Germinar semillas de frutas para obtener germinados.

Materiales

- Un melón.
- Coladera de cocina.
- Toallas de cocina o papel absorbente.
- Cuchara y cuchillo.
- Tabla de cocina.
- Maceta y/o recipiente de plástico.
- Sustrato para maceta.

Desarrollo

1. Extraer las semillas del melón con una cuchara o con la mano.
2. Colocarlas en la coladera y enjuagar con abundante agua de la llave.
3. Poner las semillas en papel absorbente y dejarlas secar durante dos días.
4. Remojarlas en agua durante 4 o 5 horas.
5. Llenar la maceta con sustrato hasta que queden 2 centímetros hasta el borde.
6. Colocar las semillas de melón en la maceta y cubrir con un poco de sustrato.
7. Regar con suficiente agua.
8. Continuar regando la maceta cada 2 o 3 días, colocarla en un lugar donde reciba luz solar directa, y aproximadamente en 5 días se podrá ver cómo ha germinado la semilla.
9. Tras 8 días se podrá notar que los germinados han crecido. En este momento se pueden consumir directamente.

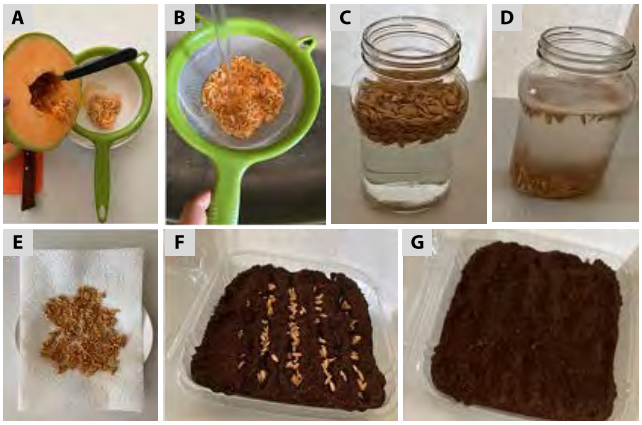


Figura 8. Procedimiento para la siembra de semillas.

Es importante darle seguimiento a la germinación de las semillas para identificar el momento inicial del proceso y el tamaño óptimo que nos interese para su cosecha. Como ejemplo, presentamos el seguimiento a la germinación de semillas de melón.

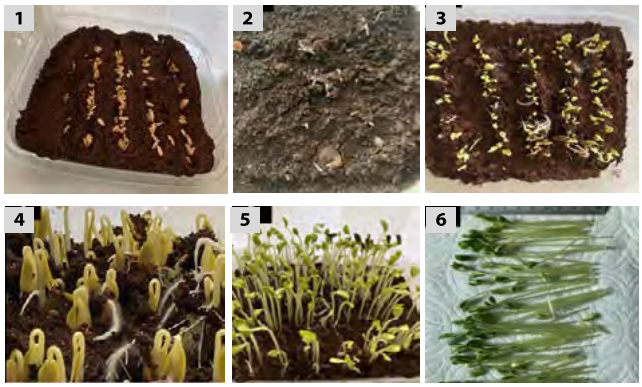


Figura 9. Seguimiento de germinación de semillas de melón. 1) Siembra: 25 de mayo del 2022; 2) inicio de germinación: 27 de mayo del 2022; 3 y 4) crecimiento al 28 de mayo del 2022; 5) crecimiento al 29 de mayo del 2022; y 6) corte al 30 de mayo de 2022.

Después de la germinación y crecimiento de las plántulas derivadas de la semilla, ya estamos listos para aprovecharla como consumo de germinados que pueden acompañar ensaladas o como entrecomidas. Te invitamos a probarlas y sentir su sabor. Puedes comentar con el grupo la experiencia.

Figura 10. Corte del germinado para nuestro consumo.

NOTA
Es posible germinar casi cualquier semilla para el consumo humano. La semilla de melón puede tardar hasta 10 días en germinar, esto depende de las condiciones.

Lo que debes saber

Las variedades de germinados que se consumen comúnmente son alfalfa, soya, rábano, brócoli y trigo. Se ingieren en fresco o ligeramente cocinados en ensaladas o sándwiches.

Los germinados tienen beneficios para la salud: son fuente de fibra, mejoran la digestión y la salud intestinal; a pesar de sus ventajas nutricionales, conllevan un grave riesgo de enfermedades transmitidas por los alimentos. Debido a las condiciones cálidas y húmedas que las semillas necesitan para brotar y crecer, estas son ideales para el crecimiento de bacterias, incluidas *Salmonella*, *Listeria* y *E. coli*. Por eso deben lavarse y desinfectarse muy bien antes de ingerirse.

Figura 11. Germinado comercial de alfalfa.

Conclusiones

Debido a la facilidad para obtener germinados, puedes ahorrar cultivando para uso personal diferentes semillas. Aprovéchalas para lograr un uso integral de las frutas.

Actividad 6. Las semillas del melón: elaboración de harina

El melón (*Cucumis melo*), que comúnmente se le conoce como melón chino, es una fruta que se comercializa para su consumo en fresco. Un ejemplar puede tener hasta 21 g de semillas, de las que poco se conoce su utilidad (Ramírez-Pimentel et al., 2016).

Las semillas de melón contienen altos porcentajes de lípidos, proteínas y fibras; además, presentan propiedades antioxidantes y son un potencial **prebiótico**. En la harina de las semillas de melón hay presencia de flavonoides y compuestos fenólicos cuya función en el organismo es benéfica, ya que está relacionada con la reducción de procesos de oxidación ocasionada por la presencia de radicales libres. Además, contiene cantidades significativas de minerales como magnesio, fósforo, sodio y potasio; también es rica en lípidos, principalmente ácidos grasos poliinsaturados como linoleico y linolénico.

Adicionalmente, en la harina de semillas de melón se encuentra gran cantidad de aminoácidos esenciales como la isoleucina, metionina, tirosina, fenilalanina y valina, que son parte fundamental de las proteínas que el cuerpo sintetiza (Cosme-Linares et al., 2021). La harina de semillas de melón puede utilizarse como ingrediente en licuados o en la elaboración de otros productos alimenticios (pasteles, galletas, etc.).

Pregunta de investigación

¿Cómo aprovechar las semillas de melón para obtener harina?

Objetivo

Obtener harina de semillas de melón.

Materiales

- 30 g de semillas de melón secas (semillas de un solo fruto).
- Cuchara.
- Licuadora.
- Tabla para picar.
- Coladera.
- Plato y frasco de vidrio transparente con tapa.
- Libreta para apuntes, lápices o plumas.

Desarrollo

1. Extraer las semillas del melón con una cuchara o con la mano.
2. Lavarlas con abundante agua de la llave para eliminar la pulpa restante y la sustancia gelatinosa que las recubre.
3. Colocarlas en una servilleta de papel y esparcirlas sobre un plato.
4. Secar las semillas a temperatura ambiente durante 5 días.
5. Meterlas en la licuadora y moler hasta obtener un polvo fino.
6. Pasar la harina por la coladera para separar la cascarilla de la semilla.

NOTA
Es importante que las semillas de melón y la licuadora estén completamente secas para que la harina no se pegue.

Figura 12. Procedimiento para obtener la harina de semillas de melón.

7. Almacenar la harina de melón en el frasco de vidrio a temperatura ambiente hasta su uso.

8. Colocar un poco de harina en una hoja blanca. Doblar la hoja, observar y anotar qué sucede.

9. ¡Ya está lista la harina! Ahora la puedes utilizar cuando prepares tus jugos o licuados de frutas.

Lo que debes saber

Las semillas de melón también se pueden tostar y consumir como un aperitivo; son fuente de vitaminas y minerales.

Conclusiones

Piensa en diversas preparaciones de alimentos que te permitirán aprovechar un recurso poco utilizado y con importante valor nutricional.

Actividad 7. Elaboración de una fibra dietética a base de residuos de piña

Pregunta de investigación

¿Por qué es importante el uso de los subproductos generados por la industria alimenticia y cuáles de ellos se pueden generar del bagazo de la piña?

Objetivo

Emplear residuos de la cáscara de piña para la obtención de **fibra dietética** mediante métodos químicos y físicos.

Materiales

- Cáscara de piña (aproximadamente 250 gr).
- Cuchillo.
- Zumo de limón (4 limones).
- Bicarbonato de sodio (1/4 de cucharada).
- Agua (700 ml).
- Vinagre blanco (125 ml).
- Olla con tapa.
- Licuadora.
- Horno de microondas.
- Colador.
- Frasco de cristal con tapa.

Desarrollo

Consta de 3 procesos fundamentales.

Solución alcalina

1. Mezclar 1/4 de cucharada de bicarbonato de sodio en 200 ml de agua hasta disolver (**Figura 13**).

Solución ácida

2. Mezclar 500 ml de agua en 125 ml de vinagre y zumo de limón (**Figura 14**).

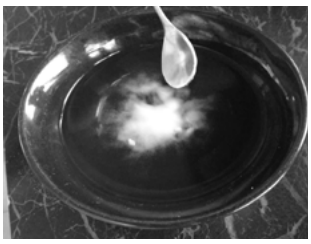


Figura 13. Proceso de elaboración de la solución alcalina.

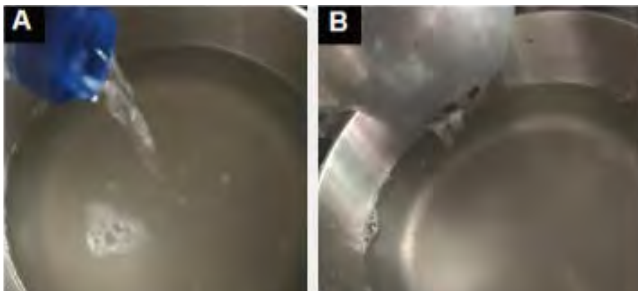


Figura 14. Proceso de elaboración de la solución ácida. A) Corresponde a mezclar el agua con el vinagre, y B) se añade el zumo de limón a la mezcla.

Obtención de la fibra

3. Lavar la cáscara de piña.

4. Utilizar el colador y dejar escurrir el excedente de agua y jugo.

5. Calentar la **solución alcalina** y la **solución ácida** aproximadamente a 70°C (cuando comiencen a verse las primeras burbujas en el fondo del recipiente), y sumergir la cáscara por 15 minutos.

6. Retirar la cáscara de la solución y secar el exceso de líquido con una servilleta. Posteriormente, hay que secar la fibra poniendo en el microondas a intensidad media-alta por 15 minutos.

7. Licuar el material.

8. Vaciar el contenido en un frasco de cristal y reservar para su utilización.

9. La fibra obtenida y seca puede emplearse en pequeñas cantidades para acompañar ensaladas, cereales o mezclarse en alimentos preparados.

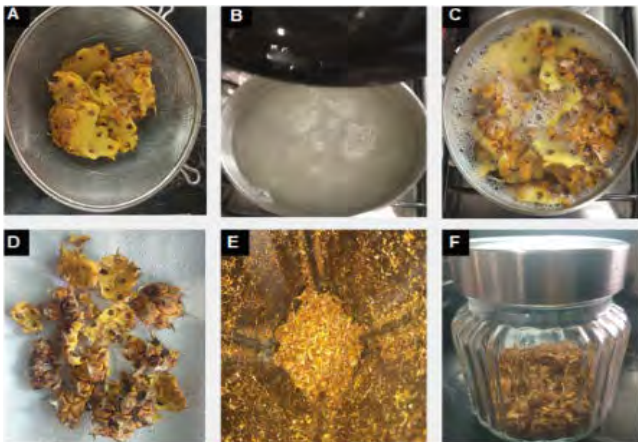


Figura 15. Proceso de elaboración de la fibra dietética de cáscara de piña. A) Lavar y escurrir la cáscara de piña, B) mezclar la solución ácida y alcalina, C) calentar la solución a 70°C y agregar la cáscara de piña, D) escurrir y secarla en el horno de microondas, E) licuar la cáscara de piña seca, y F) guardar en un recipiente la fibra dietética.

NOTAS

- Tiempo del proceso: 50 minutos.
- Tener cuidado al utilizar el cuchillo para obtener la cáscara de la piña, al cortar los limones y al emplear la estufa durante el proceso de elaboración.
- La fibra obtenida requiere posterior refrigeración y conservación de 30 días como período máximo.

Lo que debes saber

La agroindustria es la rama de la industria que transforma los productos de la agricultura, ganadería y pesca en productos elaborados. Este sector nacional incluye la integración de los procesos de producción, transformación y comercialización de los productos, ayuda a la investigación y desarrollo en ciencia y tecnología de alimentos para conservar los productos alimentarios, añade valor, reduce las pérdidas postcosecha y permite transportar alimentos a mayor distancia, incluyendo a las ciudades en rápido crecimiento.

Según cifras de la FAO (2011), se desperdicia aproximadamente un tercio de los alimentos que se producen. Estas pérdidas varían bastante, dependiendo de la cadena que se considere, pudiendo llegar en el caso de las frutas y hortalizas hasta un 50%. A su vez, los residuos vegetales son una fuente rica de compuestos bioactivos, como la fibra dietética que está constituida principalmente de biopolímeros, como lo son la hemicelulosa, celulosa, lignina, pectina y otras gomas que varían en proporción dependiendo de la fuente. A la fibra se le atribuyen propiedades tan diversas, como ser un regulador intestinal al actuar como laxante, representa un factor preventivo del cáncer de colon (es un absorbente de ácidos biliares y retarda la absorción intestinal), y también favorece la disminución del colesterol y de la glucosa en la sangre (Bach, 2001).

Conclusiones

La piña, además de ser una dulce y colorida fruta, también es una importante fuente de fibra natural que, después de procesarla, podemos guardarla por un tiempo prolongado y usarla como complemento en diversos platillos del día a día.

CONCLUSIÓN GENERAL

En este capítulo conocimos y aprovechamos diversas partes de las frutas que en condiciones habituales solemos desechar, desaprovechando una gran oportunidad para elaborar productos, tanto de consumo (mermeladas, fibra, germinados, harina, entre otros) como de uso cotidiano, (composta, aromatizantes y esencias, entre otros) y que podemos aprovechar. Las diversas partes de la fruta que no comemos son una fuente interesante de aplicaciones.

El conocimiento presentado en este capítulo es una pequeña parte de todo lo que podemos hacer con esos productos que consideramos desecho, pero que, en realidad, son una materia prima útil y aprovechable. Esta ***dulce aventura de conocimiento y aplicación*** es apenas una pequeña probada de lo que la ciencia, tecnología e innovación pueden brindarnos para sacar el máximo provecho a lo que tenemos a nuestro alcance en la naturaleza, en nuestros alimentos y potencializarlo en nuestro beneficio.

SOBRE LOS AUTORES

El **Dr. Lorenzo Felipe Sánchez Teyer** actualmente es investigador de la Unidad de Biotecnología del Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY) y desde joven se interesó por las áreas biológicas; es por ello que se formó como ingeniero bioquímico, egresado del Instituto Tecnológico de Celaya. Ahí se apasionó por la ciencia fundamental y aplicada, y decidió estudiar un posgrado; tiene un doctorado en Ciencias y Biotecnología de Plantas por el CICY. Su área de investigación se centra en la aplicación de marcadores moleculares del ADN, enfocado al mejoramiento genético de plantas empleando el cultivo de tejidos vegetales.

La **M. en E. D. Fabiola Escalante Erosa** es Técnico Académico Titular C de la Unidad de Biotecnología del CICY, Químico Biólogo Bromatólogo por la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY) y miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI). Ha participado en diversos proyectos del área de la química de metabolitos presentes en plantas medicinales y de interés biotecnológico. Actualmente su línea de investigación se enfoca en la Agrobiotecnología. Es especialista en el uso de técnicas cromatográficas, de herramientas espectroscópicas para elucidación de estructuras orgánicas, así como en el manejo de equipo especializado relacionado.

Elia Ballesteros Rodríguez es ingeniera agrónoma fitotecnista, maestra y doctora en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales por la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex); tiene un posdoctorado en Biología Molecular en el CICY. Es integrante de la Red Mexicana de Mujeres Indígenas en la Ciencia, y miembro del Sistema Nacional de Investigadores. Ha trabajado en el área de Fisiología Vegetal y en los últimos tres años en el área de Biología Molecular aplicada al estudio de la diversidad genética de agaves mezcaleros y pulqueros.

La **Dra. María José García Castillo** actualmente realiza un posdoctorado en el CICY en temas relacionados con biología molecular y evolución. Es ingeniera bioquímica, egresada del Instituto Tecnológico de Mérida; realizó su maestría y doctorado en Ciencias Biológicas en el CICY. Su área de interés se enfoca en pared celular de plantas y marcadores genéticos en plantas de interés comercial.

Sayuri Alexandra Victoria Velasco es ingeniera en Biotecnología egresada de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). Actualmente realiza su maestría en el CICY, trabajando en el Laboratorio de Marcadores Moleculares con genes de resistencia a patógenos, enfocada al área de agrobiotecnología.

La **Ing. Agr. Alba de Jesús Pech Matú** es estudiante de posgrado (maestría) y colabora en los proyectos que se desarrollan en el Laboratorio de Marcadores Moleculares y Genómica Funcional del CICY. En su licenciatura trabajó en la evaluación de características fenotípicas de materiales criollos de *Stevia rebaudiana* Bertoni; actualmente se encuentra desarrollando estudios en el contenido de un tipo de metabolito en materiales de *Agave fourcroydes* Lem.

GLOSARIO

Antioxidante: sustancia que previene o retrasa algunos tipos de daños en las células del cuerpo, originadas por radicales libres. Las frutas y verduras son fuentes ricas en antioxidantes.

Citricultura: actividad agrícola que tiene como objetivo el cultivo, comercio y estudio de plantas pertenecientes al grupo de los cítricos (limón, naranja, mandarina, toronja, etc.).

Endocarpio: parte del fruto que rodea a las semillas.

Fibra dietética: compuesta por polisacáridos, oligosacáridos, lignina y sustancias asociadas de la planta; promueven efectos beneficiosos fisiológicos.

Prebiótico: estimula el crecimiento de bacterias sanas en el intestino.

Región citrícola: área territorial cuya principal actividad económica es la citricultura.

Solución ácida: tiene una alta concentración de iones hidrógeno; tiene un nivel de pH menor a 7.

Solución alcalina: sustancia que aumenta el pH de una solución al liberar grupos hidroxilos; tiene un nivel de pH superior a 7.

REFERENCIAS

Ademosun, A. O. (2022). Odisea de las cáscaras de cítricos: del cubo de basura al banco del laboratorio y a la mesa del comedor. *Investigación alimentaria aplicada*, 2(1). https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100083

Aguilar Salas, M. B. y Flores Rodríguez, C. P. (2018). Evaluación de la cáscara de naranja (*Citrus cinensis*) como material adsorbente natural de ion metálico Cu (II). Tesis, Universidad Nacional de San Agustín (Perú).

Ángeles, E., y Jacinto, R. (2021). La red limón como una oportunidad de crecimiento en el estado de Yucatán. *El economista*. Recuperado de: https://www.eleconomista.com.mx/opinion/La-red-limon-como-una-oportunidad-de-crecimiento-en-el-estado-de-Yucatan-20210119-0128.html

Bach Knudsen, K. E. (2001). The nutritional significance of "dietary fibre" analysis. *Animal Feed Science and Technology*, 90, 3-20. https://doi.org/10.1016/S0377-8401(01)00193-6

Biblioteca de Publicaciones Oficiales del Gobierno de la República. (2022). Producción de cítricos en México. *Gobierno de México*. Recuperado de: https://www.gob.mx/publicaciones/articulos/produccion-de-citricos-en-mexico

Boesewinkel, F. D., y Bouman, F. (1984). The Seed: Structure. *Embryology of Angiosperms*. https://doi.org/10.1007/978-3-642-69302-1_12

Carbo-Franco, D. M., y Ochoa-Nuñes del Arco, D. A. (2010). Aceites naturales a base de la extracción de cáscaras de cítricos: "Cirtric Paradise". *Universidad Católica de Santiago Guayaquil*. http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/1566

Cervantes-Delfín, K., Cruz-López, A., y Campos-Mondragón, M. (2016). Subproductos obtenidos a partir de diferentes cáscaras de fruta. *Revista Iberoamericana de producción Académica y Gestión Educativa*. https://www.pag.org.mx/index.php/PAG/article/download/551/588#:~:text=Sin%20embargo%20de%20los%20frutos,farmac%C3%A9utica%20(D%C3%ADaz%2C%202002).

Clemson University. (s.f.). *The Food Safety of Sprouts Factsheet*. Consultado el 03 junio de 2022. https://www.clemson.edu/extension/food/food2market/factsheets/7-the-food-safety-of-sprouts-factsheets.html#:~:text=The%20varieties%20of%20sprouts%20that,%2C%20salads%20and%20stir%2Dfries

Cosme-Linares W. A., Saravia-Arias, B. E., y Gracias-Portillo, D. M. (2021). Desarrollo y evaluación de alimentos: galleta, salpor y bebida tipo horchata elaborados a partir de harinas de semillas de melón (*Cucumis melo*). *Producción Agropecuaria y Desarrollo Sostenible*. 10(1), 35-45. https://doi.org/10.5377/payds.v10i1.13343

INTA. (2022). *Los cítricos: manual para productores de naranja y mandarina*. Recuperado de: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_manual_citricultura_cap1.pdf

Lambers, H. (2021). Seed. *Encyclopedia Britannica*. https://www.britannica.com/science/seed-plant-reproductive-part

Oregon Public Health Division. (s.f.) Sprouds. *Food Service Information*. https://fsi.colostate.edu/sprouts/.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2011). *Global food losses and food waste–Extent, causes and prevention*. https://www.fao.org/3/i2697e/i2697e.pdf

Ramírez-Pimentel, J. G., Herrera-Herrera, A., Aguirre-Mancilla, C. L., Covarrubias-Prieto, J., Iturriaga de la Fuente, G., y Raya-Pérez, J. C. (2016). Caracterización de las proteínas de reserva y contenido mineral de semilla de melón (*Cucumis melo* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 7(7), 1667-1678. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342016000701667&script=sci_arttext_plus&tlng=es

Sacco, D. (2021). The 7 Health Benefits of Sprouts: They Help Lower Blood Sugar, For Starters. *The Beet*. https://thebeet.com/7-health-benefits-of-sprouts-why-to-add-the-tiny-powerhouses-to-your-meals/?utm_source=tsmclip&utm_medium=referral

Sánchez, J. (2021). Partes de la semilla y sus funciones. *Ecología verde*. Consultado el 02 junio de 2022. https://www.ecologiaverde.com/partes-de-la-semilla-y-sus-funciones-1973.html

3P

Luces, fotosíntesis, acción: el despertar de los cloroplastos

Biól. Verónica Limones Briones

M. C. Mauricio Andrade Marcial

M. C. Edder Darío Aguilar Méndez

Dra. Clelia De la Peña Seaman

Unidad de Biotecnología

Descripción

Las y los estudiantes conocerán el método científico, tanto teórico como práctico, desarrollando experimentos que involucran el proceso de germinación de semillas y aspectos relacionados con el crecimiento y la fotosíntesis.

Objetivo

Evaluar el efecto de la exposición a luces con diferentes longitudes de onda en la germinación y crecimiento de plantas de lenteja y/o frijol.

Materia afín

- Ciencias Naturales.
- Los seres vivos y su diversidad (tercer semestre, UADY).

Pregunta inicial

¿Hay algún efecto en la germinación de las semillas y desarrollo de las plantas al ser expuestas a luces con diferentes longitudes de onda?

¿Qué vas a aprender?

Elementos del método científico: observación, hipótesis, experimentación y análisis.

- Trabajo en equipo.
- Lenguaje académico-técnico.
- El proceso de germinación de las semillas y desarrollo de las plantas.
- Fotosíntesis en plantas.
- Influencia de la exposición de diferentes tipos de luz en las plantas.
- Extracción de clorofila.

PANORAMA GENERAL DEL TEMA

El Sol irradia una gran cantidad de energía a la Tierra y parte de esta es absorbida por las plantas. De interrumpirse este flujo de energía solar, las plantas sufrirían severas alteraciones fisiológicas que las llevaría a una muerte temprana (Nobel, 1999). Desde que son **semillas**, las plantas dependen de la incidencia de la **luz** aunque estén bajo la tierra, así como de otros factores abióticos, como el agua, para iniciar su germinación y crecimiento.

El desarrollo de una planta inicia con la germinación de la semilla (**Figura 1**). Esta aloja en su interior una planta en miniatura conocida como embrión, el cual se encuentra en un estado de dormancia donde el crecimiento está suspendido. Este reposo se rompe cuando la semilla entra en contacto con el agua.

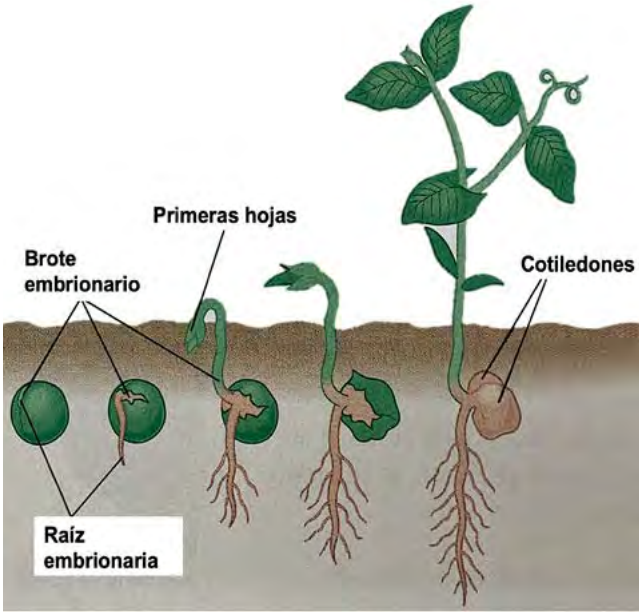


Figura 1. Proceso de germinación de una semilla (modificado de Campbell et al., 2003).

Después de hidratarse, la semilla rápidamente rompe su capa protectora externa y se activa una serie de reacciones metabólicas que dan inicio al crecimiento del embrión. Durante este periodo, las reservas de nutrientes alojadas en el **endospermo** de la semilla son utilizadas como fuente de energía y transferidas al embrión. Cuando la plántula ha crecido lo suficiente, las raíces empiezan a desarrollarse, lo que permite la absorción de agua y minerales. Paralelamente, cuando la planta emerge del suelo y los brotes empiezan a exponer sus hojas al exterior, se inicia la absorción del dióxido de carbono (CO_2) del aire y la captación de luz solar (Nobel, 1999; Campbell et al., 2003).

Dentro de la biología vegetal y particularmente para la **fotosíntesis**, la región del espectro de la luz que incide sobre los tejidos de las plantas es un aspecto determinante. La región del espectro de la luz más importante para las plantas es conocida como luz visible. Esta abarca longitudes de onda que van de los 400 hasta los 700 nanómetros (nm, 10^{-9} metros) y suelen clasificarse en función del color identificado por el ojo humano (**Figura 2**) (Nobel, 1999).

Como las principales moléculas captadoras de luz en las plantas, las **clorofilas** representan el corazón de los eventos primarios de la fotosíntesis. Los dos principales tipos de clorofila en las plantas son la clorofila *a* (Chl *a*) y la clorofila *b* (Chl *b*).

La única diferencia estructural entre ellas es que la Chl *b* presenta un grupo formil (-CHO) en lugar del grupo metil ($-CH_3$) en el anillo II presente en la Chl *a*. El espectro de absorción de la Chl *a* tiene un pico en la región del azul (430 nm) y otra en la del rojo (662 nm), por lo que el color característico de la clorofila, y por consiguiente el de las plantas, es el verde (**Figura 3**) (Alberts et al., 2008).

Tanto las reacciones de captación de la luz llevada a cabo por las clorofilas, como el metabolismo fotosintético en plantas, suceden en el contexto del organelo más importante de la célula vegetal: el **cloroplasto**.

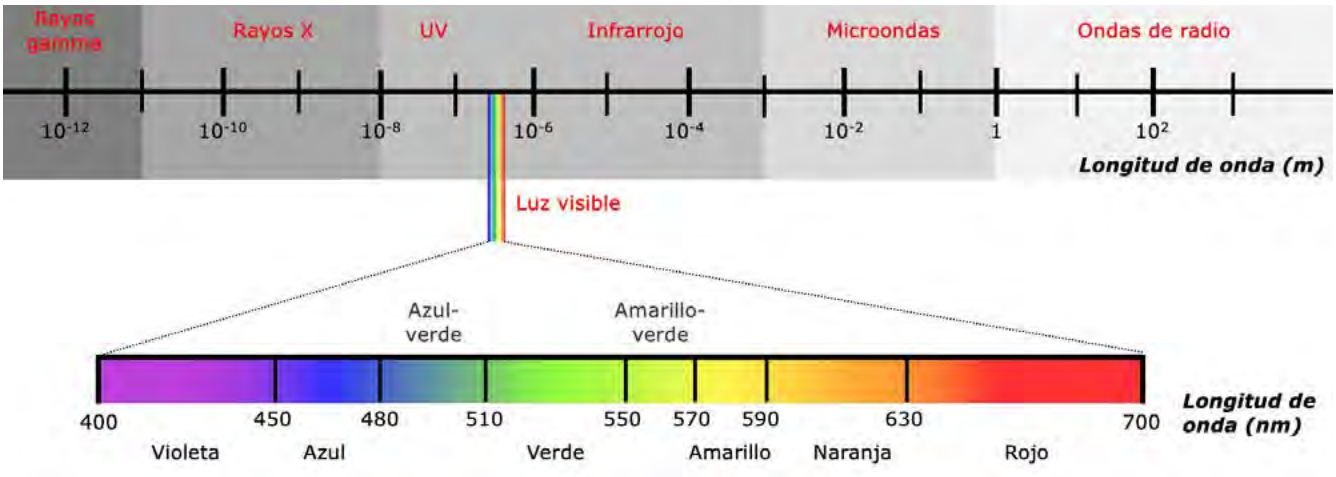


Figura 2. Espectro electromagnético con su clasificación en función de la longitud de onda.

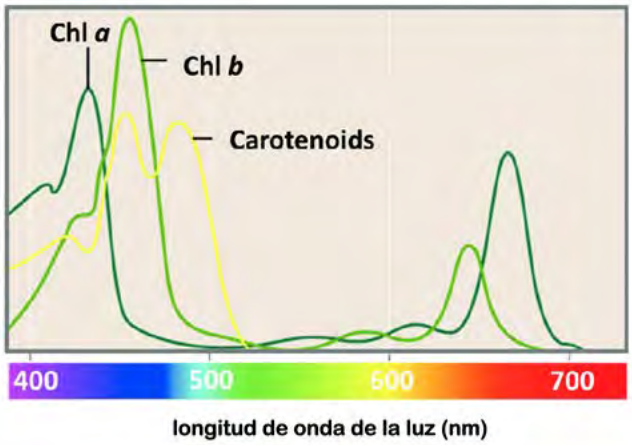


Figura 3. Espectros de absorción de la clorofila *a*, *b* y carotenoides (tomado de Guidi et al., 2017).

El cloroplasto de las plantas forma parte de una familia de organelos conocida como plástidos. Todos los miembros de esta familia derivan de plástidos inmaduros no fotosintéticos e indiferenciados, alojados en los **meristemos**, tanto de la raíz como de los brotes, los cuales reciben el nombre de proplástidos.

En función de los requerimientos metabólicos y del estado de diferenciación celular, los proplástidos pueden desarrollarse en diferentes tipos de plástidos (**Figura 4**). Algunos proplástidos se diferencian en estructuras no fotosintéticas capaces de llevar a cabo funciones de almacenamiento. Entre estos se encuentran los amiloplastos que almacenan almidón, los elaioplastos que acumulan lípidos, los proteinoplastos que tienen reservas de proteínas, entre otros. Otro ejemplo corresponde a los cromoplastos, los cuales están ampliamente distribuidos en frutas y estructuras florales como los pétalos. La presencia de cromoplastos en estas estructuras generalmente otorga colores llamativos que van del amarillo al rojo, debido a su alta acumulación de carotenoides (Solymosi et al., 2018).

Uno de los casos más llamativos se presenta cuando el proplástido crece en ausencia de luz. En estos casos, se desarrollará como

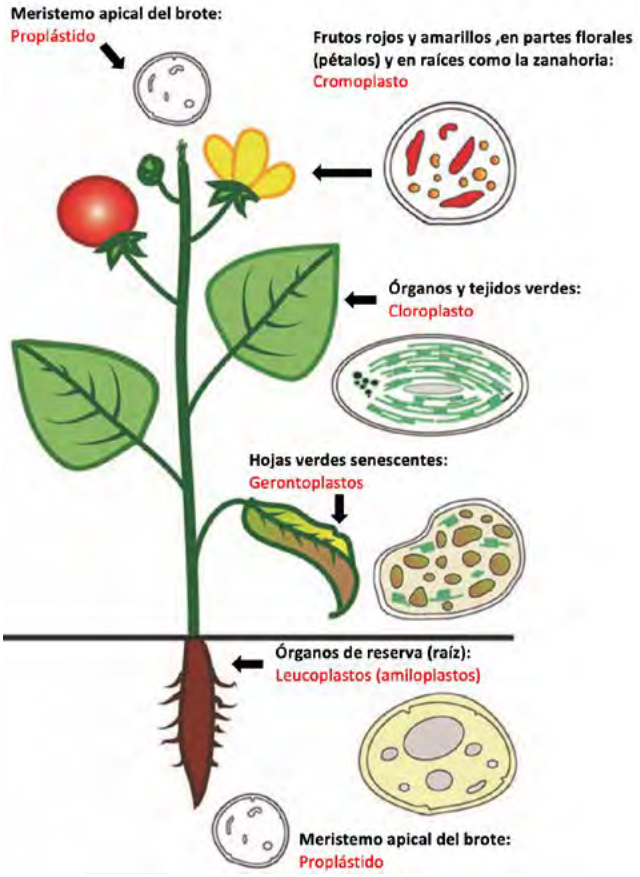


Figura 4. Presencia de los principales tipos de plástidos en diferentes partes de la planta (modificado de Solymosi et al., 2018).

un **etioplasto**, el cual no sintetiza clorofila, pero sí carotenoides que le otorgan una coloración amarillenta. Cuando las plantas son expuestas a la luz, los etioplastos rápidamente inician un drástico aumento en la síntesis de clorofila y se transforman en un cloroplasto funcional, dándole la coloración verde a las hojas, ahora capaces de llevar a cabo la fotosíntesis (Solymosi et al., 2018).

Por último, es importante mencionar que el cloroplasto también realiza otras funciones claves en la fisiología de las plantas. Entre ellas destacan el metabolismo del nitrógeno y azufre, la biosíntesis de aminoácidos, nucleótidos, ácidos grasos,

tetrapirroles, isoprenoides, fitohormonas, vitaminas, además de que participa en la regulación de la respuesta a estrés abiótico (calor, sequía, sal, luz, etc.) y biótico (bacterias, hongos y otros patógenos) (Füssy y Oborník, 2018; Daniell et al., 2016).

El conjunto de actividades que se presentan en este manual, las cuales tienen como protagonista al cloroplasto de la célula vegetal y su forma de interaccionar con la luz, fue redactado por académicos y estudiantes del CICY. En estas actividades se pretende que el lector o lectora, aplicando el método científico, logre adquirir conocimientos relacionados con el tema y sea capaz de entender por qué las plantas y los diferentes tipos de luz son tan importantes en el desarrollo de los cloroplastos y su metabolismo fotosintético.

PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

Con este proyecto se espera que los y las adolescentes conozcan por qué las plantas, a pesar de no moverse, son capaces de generar sus propios nutrientes a partir de agua, CO_2 y la incidencia de la luz solar a través de la fotosíntesis.

Bajo las condiciones climáticas actuales, las plantas se ven fuertemente afectadas por factores ambientales extremos, entre los que destacan una reducción en la disponibilidad de agua, aumento de la temperatura, mayor exposición a plagas, entre otros. Esto aqueja dramáticamente su crecimiento, así como la capacidad de realizar la fotosíntesis, la cual dota al resto de los organismos del planeta del oxígeno necesario para vivir.

El objetivo de este trabajo es presentar a los y las estudiantes, el proceso de germinación de semillas y desarrollo de las plantas bajo diferentes tipos de luz. Para lograrlo, se presentan actividades que permitan analizar el impacto de diferentes colores de luz sobre la germinación de semillas y realizar un seguimiento del proceso de desarrollo y crecimiento de las plantas.

Particularmente se pretende que, con actividades sencillas usando materiales didácticos de fácil acceso, la o el estudiante profundice en la importancia del cloroplasto y la clorofila en el metabolismo fotosintético de las plantas. Es necesario hacer conciencia de la realidad ambiental en la que vivimos actualmente para que los y las estudiantes descubran que las plantas son organismos primordiales y dinámicos, y no solamente seres estáticos, aburridos y sin importancia para nosotros.

Durante estas actividades explorarás conceptos relacionados con la germinación, el cloroplasto, la clorofila, la luz, la fotosíntesis, entre otros, los cuales son indispensables para conocer cómo las plantas han logrado sobrevivir y adaptarse a diferentes condiciones ambientales que representan un reto para cualquier organismo vivo.

DESARROLLO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Actividad 1. Germinación de semillas

Pregunta de investigación

¿Qué es la germinación y cuáles son las principales condiciones para que una semilla germine?

Objetivo

Identificar las condiciones necesarias para la germinación de la semilla.

Materiales

- Diez recipientes tipo tóper, de preferencia, que tengan tapa. En caso de no contar con ellos, puedes utilizar vasos de plástico o de cristal (tipo Gerber), y con una liga y un pedazo de bolsa crear una tapa provisional.
- Un paquete pequeño de algodón, servilletas o toallas de papel absorbente.
- 50 mililitros de agua.
- 50 palitos de madera de aproximadamente 30 cm (se pueden adquirir en cualquier papelería).
- Tijeras.
- Cuatro pliegos de papel celofán de cada color (azul, rojo y transparente) y cuatro cartulinas negras.
- Regla.
- 40 a 50 semillas de lenteja o frijol[1].
- Ligas, pegamento o silicón.
- Libreta.
- Cámara fotográfica o del celular.

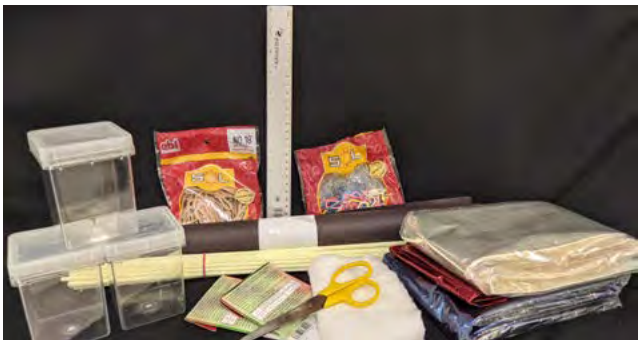


Figura 5. Materiales necesarios para la construcción de los cajones de colores para el desarrollo de la Actividad 1.

NOTA[1]
Se recomienda el uso de semillas de lenteja o frijol porque su germinación inicia dentro de los dos días posteriores a su colocación sobre el algodón. Adicionalmente, los y las estudiantes pueden seleccionar otro tipo de semilla, además de las ya mencionadas, con el fin de comparar los resultados con otras plantas.

Desarrollo

1. Previo a la siembra de las semillas en los recipientes, se deberán construir las cuatro estructuras en forma de cubo con ayuda de los palitos de madera, los cuales deben estar unidos por los vértices con silicón, pegamento o ligas. En la **Figura 6** se presenta la construcción de una de estas estructuras con palitos de madera y silicón caliente (tener precaución al usarlo).

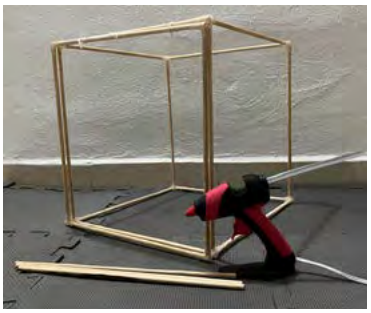


Figura 6. Estructura en forma de cubo, construida con palitos de madera y silicón.

2. Cubrir con los diferentes colores de papel celofán (rojo, azul, transparente) y con la cartulina negra[2], cada uno de los cuatro cajones construidos (**Figura 7**).

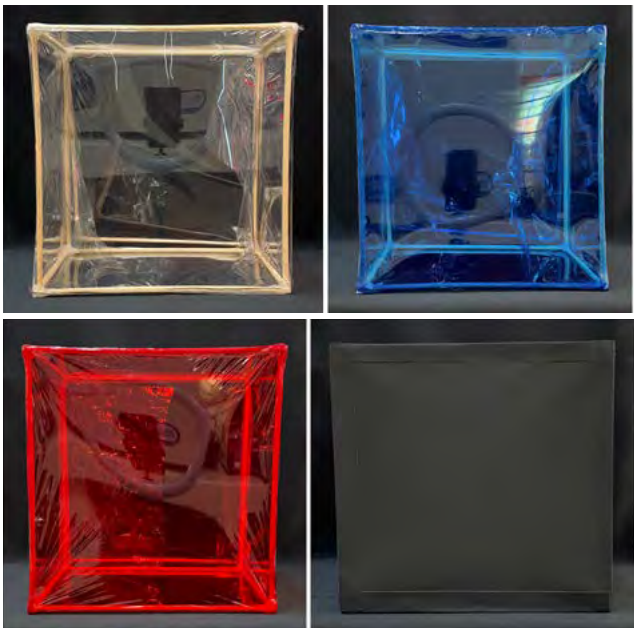


Figura 7. Estructuras en forma de cubo recubiertas con los pliegos de papel celofán de diferentes colores y con la cartulina negra.

NOTA[2]
Al momento de cubrir las estructuras con el papel celofán y la cartulina negra, cuidar de no sellar completamente una de las caras de los cubos con el fin de facilitar el riego de las semillas en días posteriores.

3. Colocar el algodón en el fondo de los recipientes seleccionados y humedecerlo con un poco de agua, evitando su encharcamiento. Tomar las semillas seleccionadas (de preferencia lenteja o frijol) y distribuirlas sobre el algodón (**Figura 8**). Por cada estructura de madera forrada con celofán y cartulina (**Figura 7**), se deberán colocar al menos dos recipientes con semillas para tener suficiente material para realizar las actividades posteriores.

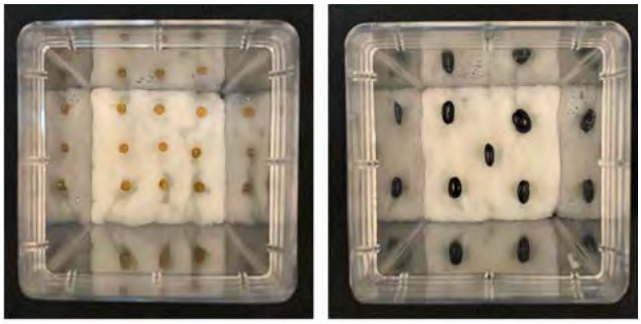


Figura 8. Siembra de semillas de lenteja y frijol en los recipientes conteniendo algodón previamente humedecido.

4. Introducir los recipientes dentro de cada uno de los cuatro cajones previamente construidos y recubiertos con papel celofán (para los diferentes colores) y cartulina (para las muestras en oscuridad), por los siguientes tres días. Las estructuras con los recipientes con semillas en su interior deberán ser colocadas en un sitio donde no reciban la luz del sol directamente.

Figura 9. Estructura en forma de cubo conteniendo los recipientes con las semillas.

Lo que debes saber

Es importante considerar que para una adecuada germinación de semillas son necesarias cantidades suficientes de agua y luz. ¡No olvides humedecer el algodón diariamente o cada vez que se requiera!

Diariamente, a una misma hora, toma nota en tu libreta sobre las observaciones del experimento. Por ejemplo, el número de semillas germinadas, así como cualquier otro dato que consideres relevante. ¡No tengas miedo de describir todo lo que observes durante el experimento! Puedes apoyarte de la **Tabla 1** para describir tus observaciones.

Tabla 1

Recipiente 1 / Papel celofán azul

	Altura (cm)	**Número de hojas**	**Observaciones (p. ej. color de la hoja, forma y color del tallo, presencia de raíces, etc.)**
Planta 1			
Planta 2			
Planta 3			
Planta 4			
Planta 5			

Conclusiones

En esta primera actividad aprendimos el impacto de las condiciones ambientales sobre la germinación de semillas. Entre estas pudimos analizar el impacto de la humedad, la disponibilidad de agua, la luz, el tipo de sustrato, entre otros. En algunos casos, la germinación es afectada debido a que algunas semillas no llegan a germinar, ya que el embrión no es viable. También es importante resaltar que el tiempo de germinación es variable dependiendo de la especie con la que se trabaja.

Actividad 2. Un espectáculo de luces: efecto de la luz sobre la germinación de semillas y el crecimiento vegetal

Pregunta de investigación

¿Qué efecto tiene la exposición a luces de diferentes colores sobre la germinación de semillas y el crecimiento de las plantas?

Objetivo

Analizar el efecto de la exposición a luces de diferentes colores sobre la germinación de semillas y el crecimiento de plantas.

Materiales

- Libreta.
- Lápiz.
- Regla.
- Cámara fotográfica (puede ocuparse un celular o cualquier dispositivo con cámara disponible).

Desarrollo

1. Diariamente, durante siete días en un horario establecido (ej. 09:00 h), observa las plantas y lleva un seguimiento fotográfico desde que fueron colocadas las semillas en los recipientes para su germinación hasta el último día del experimento. Puedes tomar todas las fotos que consideres necesarias, lo importante es tener un registro del desarrollo de las plantas desde que son semillas hasta que empiezan a emerger y desarrollarse.
2. Elabora en tu libreta una tabla similar a la **Tabla 1**. Por cada recipiente con semillas deberás llenar una tabla diferente. Esta deberá contener las mediciones realizadas en las plantas y en la columna de observaciones puedes escribir datos adicionales que consideres relevantes[3]. Un ejemplo de registro personal puede ser:

   «El día 03 observé que las plantas con el celofán azul empezaron a crecer con mayor rapidez, empezaron a aparecer sus hojas y estas adquirieron un color verde pálido».

NOTA[3]
Al tomar tus mediciones procura no manipular las plantas con tus manos. Las mediciones puedes realizarlas con una regla por fuera del recipiente.

Procura tomar las mediciones y observaciones que realices rápidamente y sin exponer a las plantas por mucho tiempo fuera de sus contenedores de celofán. Esto es particularmente importante para aquellas plantas crecientes en oscuridad dentro de la estructura tapada con la cartulina negra.

Lo que debes saber

Las plantas responden de manera distinta a las luces de diferentes colores, es decir, a diferentes longitudes de onda. Investiga qué efecto tiene la luz en las plantas y cómo la exposición a diferentes longitudes de onda podría afectar su desarrollo. Es una actividad importante para saber en qué **longitud de onda** germina más rápido o crece mejor la planta. Adicionalmente, investiga qué pasa cuando una planta crece sin la presencia de luz; esto te proveerá de información sobre la importancia de la luz en las plantas. Anota la bibliografía del sitio web o libro dónde hiciste la consulta (de preferencia, emplea tres diferentes fuentes de información).

Conclusiones

Las plantas son organismos que dependen de la luz para poder germinar y crecer. Sin embargo, dependiendo del tipo de luz y su longitud de onda, habrá cambios en las tasas de germinación y crecimiento. En este experimento corroboramos que las plantas que crecen sin luz, tienden a ser más altas, con tallos delgados y con hojas pequeñas y amarillas. Al compararlas con las plantas crecientes en condiciones de luz blanca, se observa que estas últimas son vigorosas, con tallos más gruesos y con hojas más anchas y de color verde brillante. Por otro lado, el crecimiento bajo luz roja dio lugar a plantas aún más vigorosas y verdes que las observadas bajo luz blanca y azul.

Actividad 3. Extracción de la clorofila en plantas bajo diferentes tipos de luz

Pregunta de investigación

¿Qué relación hay entre la exposición de las plantas a luces de diferentes colores con la acumulación de clorofila?

Objetivo

Evaluar la presencia de clorofila en las hojas de plantas expuestas a luces de diferentes colores.

Materiales

- 100 ml de alcohol al 96%. En caso de no contar con este, puedes utilizar acetona para uñas transparente o alcohol al 70%.
- Tijeras.
- 4 a 8 vasos, platos hondos o morteros con pistilo.
- Regla.
- Cuchara de metal.
- 4 a 8 frascos transparentes pequeños (20 ml de capacidad aproximadamente).
- Un colador de cocina.
- Lentes de protección.

Desarrollo

1. Para esta actividad se van a ocupar las plantas de uno de los dos recipientes que estuvieron expuestos a luces de diferentes colores por siete días, así como aquellos que estuvieron en oscuridad. El otro recipiente con semillas hay que dejarlo en el interior de su estructura correspondiente.

2. Tomar todas las plantas (5 en total, que son las semillas que pusiste a germinar) y sacarlas del recipiente. Cortar con las tijeras la parte superior del tallo que contiene las hojas (alrededor de 3 cm desde la punta del tallo hacia abajo).

3. Colocar las plantas en el mortero (como se muestra en la **Figura 10A**), vaso o plato hondo, e inmediatamente añadir un volumen de alrededor de 10 mililitros de alcohol o acetona. En este paso protege tus ojos con los lentes de protección.

4. Macerar (machacar) el tejido con ayuda de un pistilo o cuchara[4] (**Figura 10B**).

NOTA[4]
La agitación para mezclar los objetos a separar debe ser de arriba hacia abajo para evitar que los materiales más pesados se separen de los demás.

Si no puedes macerar con la cuchara, usa cualquier otro utensilio que te ayude a aplastar las hojas para extraer la clorofila. Evita ocupar utensilios de madera o tus dedos, porque el alcohol o la acetona se evaporarán rápidamente.

Procura macerar todo el tejido de la planta evitando que queden fragmentos de hoja o tallo.

Evita que el etanol o la acetona se te evaporen por completo. En caso de que esto suceda, añadir un poco más de alcohol o acetona.

5. Transferir el líquido con el tejido macerado a un frasco transparente (**Figura 11A**). En la tapa del frasco colocar una etiqueta indicando los datos del recipiente y el color del celofán donde estuvieron las plantas (**Figura 11B**).

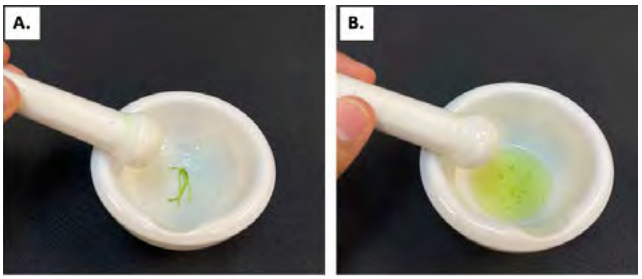


Figura 10. A) Hojas de plantas de lenteja colocadas en el mortero con etanol para ser molidas para la extracción de clorofila, y B) tejido macerado conteniendo la clorofila.

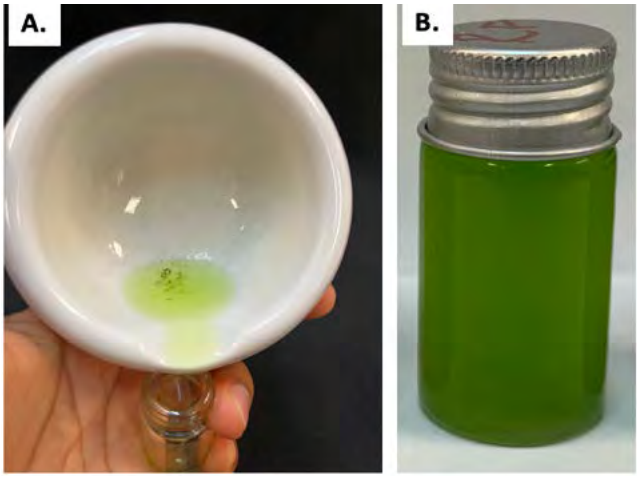


Figura 11. A) Etanol con clorofila siendo transferido al frasco para su análisis, y B) frasco conteniendo el etanol con la clorofila.

6. Colocar los cuatros frascos (luz azul, roja, transparente y oscuridad) con los extractos de clorofila en una superficie blanca (puedes utilizar hojas blancas de fondo) y tomar una fotografía de estos.

7. Replicar y llenar la **Tabla 2** en tu libreta. La columna de intensidad de clorofila debe ser llenada asignando los símbolos **«++++»** para aquel extracto que presenta la mayor concentración de clorofila (más verde) y **«+»** para aquel extracto con la menor concentración de clorofila (menos verde). Todas tus observaciones del experimento pueden ser añadidas en la última columna de la tabla.

Tabla 2
Extracción de clorofila

	Intensidad de la clorofila	Observaciones
Luz azul (celofán azul)		
Luz roja (celofán rojo)		
Luz blanca (celofán transparente)		
Oscuridad (cartulina negra)		

Lo que debes saber

Procura tener cuidado de no moler el tejido con demasiada fuerza, esto para evitar que el líquido se derrame o te salpique encima.

Investiga qué es la clorofila, los carotenoides y la fotosíntesis. Identifica cuál es la estructura química de la clorofila a y b. Anotar la bibliografía de donde hiciste la consulta (evitar consultar información en Wikipedia).

Conclusiones

Con esta actividad reforzamos la capacidad de analizar los cambios que se presentan en las plantas sometidas a diferentes condiciones de luz, de una forma visual y muy sencilla. La extracción de clorofila de las hojas de las plantas pone de manifiesto extractos con un gradiente de colores que van desde el verde brillante en las plantas creciendo con el celofán transparente, a un color amarillo pálido en las plantas creciendo en oscuridad. Esto se observó debido a la cantidad de clorofila que logran acumular cuando crecen bajo diferentes tipos de luz o en ausencia de ella. Las plantas que crecieron bajo oscuridad lucen más alargadas de lo normal, sus hojas son pequeñas y adquieren un color amarillo pálido o verde-amarillento debido a la reducción en el contenido de clorofila, fenómeno que se conoce como etiolación. Por el contrario, las plantas expuestas a luz blanca tienen un desarrollo normal y contienen una mayor acumulación de clorofila.

Actividad 4. El despertar de los cloroplastos

Pregunta de investigación

¿Es posible que aquellas plantas que crecieron en condiciones de oscuridad, que no desarrollaron cloroplastos y que tenían una coloración amarilla, puedan recuperar su color verde si son expuesta a la luz?

Objetivo

Describir los cambios morfológicos y fenotípicos que sufre una planta que germinó y creció en condiciones de oscuridad cuando es colocada bajo condiciones de luz natural.

Materiales

- El recipiente con plantas que crecieron en condiciones de oscuridad.
- Libreta.

Desarrollo

1. En la actividad anterior dejamos un recipiente con plantas germinadas en cada una de las cuatro estructuras construidas y cubiertas con celofanes de diferentes colores. Toma el recipiente con las plantas de la estructura cubierta con cartulina negra (plantas creciendo en oscuridad) y ponlo en la estructura que tiene el papel celofán transparente.

2. Deja el recipiente con las plantas por tres días más, con riego diario.

3. Describe en tu libreta los cambios que registres en el crecimiento y coloración de las plantas.

Lo que debes saber

Investiga sobre la etiolación y el reverdecimiento de las plantas. También investiga sobre el desarrollo de los cloroplastos

Con este experimento estás aplicando el método científico que consiste en: observar, hacerte una pregunta, experimentar, analizar y discutir tus resultados.

Al final deberás realizar un resumen de lo que pudiste observar en tus plantas y si pudiste observar los procesos de etiolación y reverdecimiento. Anotar la bibliografía de donde hiciste tu consulta.

Conclusiones

Al finalizar esta actividad habremos ayudado a consolidar nuestra capacidad de observar y describir el impacto de la luz sobre el crecimiento vegetal. Los cambios ocurridos en las plantas que crecen en oscuridad o con poca luz son reversibles al colocar las plantas en un ambiente iluminado; esto sucede debido a que la luz funciona como un regulador en muchos procesos de desarrollo en las plantas. En este caso en particular, el someter las plantas a luz blanca después de haberse etiolado en oscuridad, no será un impedimento para reiniciar el desarrollo del cloroplasto, empezar a producir clorofila y adquirir la clásica coloración verde y la tasa de crecimiento estándar de las plantas.

CONCLUSIÓN GENERAL

La importancia que tiene la luz para las plantas es vital, sin ella no podrían desarrollarse. A lo largo de este capítulo aprendimos sobre el desarrollo de las semillas germinadas bajo luces de diferentes colores. A través del método científico fuimos capaces de poner en marcha este sencillo experimento que nos brinda información para conocer mejor cómo se desarrollan las plantas y entender cuán importante es la fotosíntesis, no solo para las plantas sino para todos los organismos que nos vemos beneficiados de ella. Aprendimos el importante papel que juega la luz en la germinación y desarrollo de las plantas.

SOBRE LOS AUTORES

La **Biól. 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 y tiene experiencia en transformación genética de plantas y en el área de Biotecnología de plantas. Actualmente es Técnica Académica Titular de la Unidad de Biotecnología del Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. (CICY), trabajando en el área de Epigenética. Desde chica su pasión fue el baile folclórico, pero también las ciencias naturales, sobre todo las plantas, pero más en lo que pasaba dentro de ellas para desarrollarse.

El **M. C. Mauricio Andrade Marcial**, realizó sus estudios de licenciatura en Biología y la maestría en Ciencias en Ecología y Biotecnología en la Universidad Veracruzana (UV). Actualmente es estudiante del doctorado en Ciencias Biológicas (opción Biotecnología) en el CICY. Su línea de investigación actual está centrada en profundizar en aspectos moleculares y epigenéticos de la biogénesis del cloroplasto en variantes somaclonales verdes y albinas de plántulas de *Agave angustifolia*. Desde muy joven, su abuela le transmitió su gusto por el mundo de las plantas, el cual se consolidó durante sus estudios de bachillerato de la mano de la M. C. Mercedes E. Acosta Avilés, quien siempre le acompañó con paciencia y cariño en todas sus inquietudes.

El **M. C. Edder Darío Aguilar Méndez** realizó sus estudios de licenciatura en Biología en la Universidad Veracruzana (UV). «Descubrí mi vocación en el último año de preparatoria, cuando mi profesor de biología nos encargó investigar sobre el metabolismo primario. Mi sorpresa fue enorme al descubrir el término “respiración celular”. Después de ese momento, la Biología se convirtió en mi forma de entender el mundo». Actualmente cursa sus estudios de doctorado en Ciencias Biológicas (opción Biotecnología). Su línea de investigación actual está enfocada en el estudio de metabolitos relacionados con la protección contra luz ultravioleta y su relación epigenética en variantes somaclonales de *Agave angustifolia*.

La **Dra. Clelia De la Peña Seaman** obtuvo el grado de ingeniera bioquímica por el Instituto Tecnológico de Mérida en 2001, el de maestría en Ciencias por el CICY en 2003, y el de doctora en Ciencias por la Universidad Estatal de Colorado, Estados Unidos, en 2007. Ha sido galardonada con varios premios, como Mujeres en la Ciencia L'Oréal–UNESCO-AMC (2010), Ingeniera Distinguida por el Instituto Tecnológico de Mérida, su *alma mater*; el de la carrera de Ingeniería Bioquímica (2011), y el Premio Marcos Moshinsky (2017). La Dra. De la Peña pertenece al Sistema Nacional de Investigadores, Nivel 3. Es autora de más de 50 publicaciones internacionales y coautora del libro *De la genética a la epigenética, la herencia que no está en los genes,* por el Fondo de Cultura Económica. Desde su adolescencia siempre tuvo curiosidad por entender cómo funcionaban las cosas y descubrir cómo una pequeñísima semilla puede tener toda la información para convertirse en un enorme árbol.

GLOSARIO

Clorofila: pigmento verde que absorbe la luz y que juega un papel central en la fotosíntesis en plantas, bacterias y algas.

Cloroplasto: organelo especializado de posible origen bacteriano, que se encuentra en algas verdes y plantas, que aloja la clorofila y que lleva a cabo la fotosíntesis.

Endospermo: en plantas que tienen flor, es una masa rica en nutrientes que provee alimento al embrión en desarrollo dentro la semilla.

Etioplastos: tipo de plástido que se caracteriza por ser fotosintéticamente inactivo debido a que no ha estado expuesto a la luz.

Fotosíntesis: proceso por el cual las plantas, algas verdes y algunas bacterias, usan la energía del sol para llevar a cabo la síntesis de compuestos orgánicos a partir de dióxido de carbono y agua.

Longitud de onda: distancia entre dos picos de una onda.

Luz: radiación electromagnética perceptible por el ojo humano.

Meristemo: tejido vegetal conformado por células indiferenciadas y no fotosintéticas que se dividen y generan nuevas células y tejidos.

Semilla: es la estructura que contiene al embrión dormante y una reserva de nutrientes, y que se encuentra protegida por una capa protectora dura.

REFERENCIAS

Alberts, B., Johnson, A., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K., y Walter, P. (2008). *Molecular Biology of the Cell*. Garland Science.

Campbell, N. A., Reece, J. B., Mitchell, L.G., y Taylor, M. R. (2003). *Biology Concepts & Connections*. Benjamin Cummings.

Daniell, H., Lin, C. S., Yu, M., y Chang, W. J. (2016). Chloroplast genomes: Diversity, evolution, and applications in genetic engineering. *Genome Biology*, 17, 1–29. https://doi.org/10.1186/s13059-016-1004-2.

Füssy, Z., y Oborník, M. (2018). Complex endosymbiosis I: from primary to complex plastids, multiple independent events. En Maréchal, E. (Ed.), *Plastids* (1° ed., pp. 55-72). Springer Science.

Guidi, L., Tattini, M., y Landi, M. (2017). How Does Chloroplast Protect Chlorophyll Against Excessive Light? En E. Jacob-Lopes, L. Q. Zepka, y M. I. Queiroz (Eds.), *Chlorophyll. IntechOpen*. https://doi.org/10.5772/67887

Llorente, B., Torres-Montilla, S., Morelli, L., Florez-Sarasa, I., Ezquerro, M., D'andrea, L., Majer, E., Troncoso, A., Fernie, A. R., Darós, J. A., y Rodriguez-Concepcion, M. (2019). Synthetic biogenesis of chromoplasts from leaf chloroplasts. *BioRxiv*. https://doi.org/10.1101/819177

Nobel, P. S. (1999). *Physicochemical and Environmental Plant Physiology*. Academic Press.

Solymosi, K., Lethin, J., y Aronsson, H. (2018). Diversity and plasticity of plastids in Land Plants. En Maréchal, E. (Ed.), *Plastids* (1° ed., pp. 17-26). Springer Science.

4P

Creando valor a partir del conocimiento de nuestros ancestros

M. C. Alejandra Barraza Morales

L. A. Carolina del Carmen Leal Gómez

Mtra. Miroslava María Talavera Vázquez

M. C. Francisco Javier García Villalobos

Dirección de Gestión Tecnológica

Descripción

Las y los participantes reconocerán la importancia de los conocimientos tradicionales, de preservarlos y de plantear estrategias de comercialización justas para los productos y servicios que sean generados a partir de la aplicación o uso de este conjunto de saberes.

Aprenderán también cómo la ciencia contribuye al desarrollo del conocimiento tradicional y facilita su uso comercial a través del apoyo de instituciones de investigación o universidades, así como diseñar modelos de negocio que permitan el reconocimiento y el goce de beneficios para aquellas comunidades dueñas de ese conocimiento tradicional y quienes lo comercializan.

Objetivo

Al concluir este proyecto, las y los estudiantes contarán con los elementos necesarios para reconocer el valor del conocimiento tradicional y cómo puede fortalecerse a través de la ciencia, así como generar valor para las actividades económicas que de él se derivan a través de la aplicación de estrategias de mercado y propiedad intelectual.

Materia afín

- Administración contemporánea y liderazgo emprendedor
- Impacto de la ciencia y la tecnología

Pregunta inicial

¿Cómo podemos emprender un negocio que involucre conocimiento tradicional, respetando, reconociendo y aportando beneficios a las comunidades dueñas de ese saber?

¿Qué vas a aprender?

- Qué son los conocimientos tradicionales.
- Estrategias de comercialización para proyectos que involucren conocimiento tradicional.
- Formas jurídicas de organización legal.
- Alternativas de protección para los conocimientos tradicionales involucrados en proyectos de negocio.

PANORAMA GENERAL DEL TEMA

Todos y todas hemos tenido contacto con los conocimientos tradicionales (CC.TT.). Dependiendo del lugar donde vivamos, tenemos acercamiento con algunas culturas indígenas. Por ejemplo, en Yucatán vivimos muy de cerca la cultura maya, ya que en este estado se estableció parte de esa civilización. Derivado de ello, las personas que han vivido de cerca esta cultura han tenido acceso a ciertos conocimientos, desde remedios caseros que utilizan algunas plantas (recursos genéticos, RR.GG.) de la región para curar ciertas enfermedades, así como algunas prácticas tradicionales y expresiones culturales tradicionales (ECT), tales como los bordados y técnicas artesanales que distinguen a determinadas etnias o pueblos indígenas.

Dicho conocimiento, aunque es del acceso público (dominio público), no debiera considerarse como de uso libre, ya que, aunque la sociedad puede acceder a esta información, eso no significa que pueda hacer una explotación comercial de ella. En algunos casos es necesario pedir ciertas autorizaciones para poder realizar una explotación comercial, como, por ejemplo, cuando algunas empresas farmacéuticas desean realizar estudios de **bioprospección** para identificar compuestos activos en especies vegetales de una determinada región donde su uso está ligado a conocimientos tradicionales (**Figura 1**).

Figura 1. Estudio de bioprospección por investigadores del CICY.

Otro ejemplo puede ser cuando se realiza una explotación comercial de una vestimenta tradicional (**Figura 2**) o cuando se utiliza una canción o un himno de una comunidad indígena para generar una nueva versión y adaptarla a una película.

Figura 2. El terno yucateco es usado en ocasiones especiales.

Dentro de estos conocimientos tradicionales también se encuentran las prácticas culinarias (**Figura 3**), que son consideradas un gran acervo cultural.

Figura 3. Nuestra gastronomía está basada en los conocimientos tradicionales (platillo: mole *aak*).

Acotándonos un poco a algunos conceptos mencionados anteriormente, la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI), encargada entre otras cosas de incentivar políticas que permitan la protección de toda **propiedad intelectual** y, en este caso en particular, de coadyuvar al fortalecimiento de políticas públicas que fomenten el respeto, protección y el reconocimiento de los conocimientos generados por las culturas o pueblos indígenas, define los conocimientos tradicionales como aquella información que constituyen un cuerpo vivo de saberes que es creado, mantenido y transmitido de una generación a otra dentro de una comunidad y que, con frecuencia, forma parte de su identidad cultural o espiritual.

La OMPI define también a las expresiones culturales tradicionales como aquellas formas en que se manifiesta la cultura tradicional. Puede tratarse, por ejemplo, de danzas, canciones, artesanías (**Figura 4**), diseños, ceremonias, cuentos y muchas otras expresiones artísticas y culturales (Organización Mundial de la Propiedad Intelectual, 2020).

Figura 4. Las artesanías son expresiones culturales tradicionales.

PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

Este proyecto pretende crear conciencia de la relevancia de los conocimientos tradicionales y ser una guía para su adecuado uso en los proyectos de negocio donde se pretenda utilizarlos y generar un impacto positivo.

En ese sentido, se ha seleccionado una tecnología que está ligada a un conocimiento ancestral de los mayas. Hablamos del uso de la semilla de ramón (***Brosimum alicastrum***) para preparar una harina altamente nutritiva y que fue usada por los mayas para crear diversos alimentos (**Figura 5**).

Figura 5. Se puede obtener harina a partir del fruto del árbol de ramón.

Este recurso se encuentra principalmente en el sureste de México, Guatemala y otras regiones de Centroamérica donde se asentó la cultura maya. Actualmente, la harina obtenida de la semilla de ramón se utiliza para preparar panes, galletas, tortillas e incluso, una bebida similar al café. Hoy por hoy muchas instituciones, como centros de investigación y universidades, han contribuido a perfeccionar estos procesos ancestrales, haciendo más eficiente su producción y aportando valor agregado.

Tomando como referencia lo anterior, es el propósito de este proyecto el llevarte de la mano para trazar una ruta de comercialización para la harina de ramón. Para ello llevaremos a cabo una serie de actividades que nos permitirán conocer algunas herramientas para diseñar de manera adecuada un negocio que esté basado en un conocimiento tradicional.

Empezaremos por reforzar los conceptos relativos a los conocimientos tradicionales, veremos algunos videos que nos permitirán plasmar una idea clara de este concepto. Posteriormente, conoceremos las diferentes formas jurídicas que existen para constituir una empresa que permita establecer un proyecto de negocio e identificaremos la figura de protección más adecuada para el mismo. Posteriormente, diseñaremos un emprendimiento a través de un **modelo de negocio** que nos permitirá desarrollar una propuesta de valor utilizando la herramienta modelo de negocio Canvas, la cual permitirá conocer de manera dinámica y visual el panorama global del negocio, tomando como marco de trabajo la interacción con las comunidades que proveen este recurso natural y que se han distinguido por la preparación de este alimento.

Finalmente, identificaremos cuáles son las mejores figuras de protección para las empresas u organizaciones que comercializan con este tipo de conocimiento y cuáles son los cuidados que hay que tomar en consideración para que se dé un adecuado reconocimiento y, sobre todo, para que las comunidades puedan recibir un beneficio económico derivado de esa explotación comercial.

DESARROLLO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Actividad 1. Aprendiendo sobre conocimientos tradicionales

Pregunta de investigación

¿Qué son los conocimientos tradicionales?

Objetivo

Que la o el participante aprenda a identificar los conocimientos tradicionales, qué abarca este campo tan amplio y cuáles son los aspectos a considerar cuando se quiere realizar un uso comercial.

Materiales

- Laptop, computadora o dispositivo móvil para ver los videos.
- Libreta de reúso.
- Lápiz o pluma para tomar apuntes.

Desarrollo

1. Observa los siguientes videos y responde las preguntas:

   - *Proteger y promover los conocimientos tradicionales mediante la propiedad intelectual: los yakuanoi* (https://www.youtube.com/watch?v=g9KVfjU2oXU).

En este video se describe un conocimiento tradicional ligado a un recurso genético.

¿Qué recurso genético es el que se utiliza? ¿Sabes de algún recurso genético que se utilice en tu comunidad con fines medicinales?

Figura 6. Los yakuanoi.

Haz tus anotaciones.

- *Expresiones culturales tradicionales* (https://www.youtube.com/watch?-v=YkwX4gAiBIg).

Figura 7. Expresiones culturales tradicionales.

En el video se hace referencia a las expresiones culturales tradicionales.

Después de verlo, ¿podrías mencionar algunas expresiones tradicionales de tu cultura, etnia o comunidad indígena más cercana?

Lo que debes saber

Durante el año 2020 se realizaron en México algunas reformas a la Ley Federal del Derecho de Autor, las cuales establecieron nuevas obligaciones para aquellas entidades que quisieran realizar una explotación comercial, principalmente de expresiones culturales tradicionales. También, a inicios del 2022, se expidió la Ley Federal de Protección del Patrimonio Cultural de los Pueblos y Comunidades Indígenas y Afromexicanas, que busca coadyuvar a la protección y al uso indebido de los conocimientos tradicionales y expresiones culturales de los pueblos indígenas.

Conclusiones

Derivado de diversos casos de plagio del conocimiento tradicional por parte de grandes empresas comerciales e industrias farmacéuticas, diversas naciones, entre ellas México, han abogado por el establecimiento de marcos jurídicos más robustos que permitan proteger el conocimiento ancestral. Múltiples organizaciones están trabajando actualmente en un marco internacional que permita a los pueblos y comunidades indígenas hacer valer sus derechos en el extranjero.

Resulta de gran importancia que aquellos emprendedores en cuyos proyectos de negocio se involucre un conocimiento tradicional, conozcan algunas rutas adecuadas para dar el debido reconocimiento y, sobre todo, beneficiar a las comunidades de donde ha surgido, sin caer en plagios o en una apropiación indebida. La harina que se obtiene del árbol de ramón se ha tomado como ejemplo práctico para ilustrar una posible ruta para desarrollar un proyecto de negocio.

Para ello, la o el participante irá identificando desde la figura jurídica adecuada para la constitución de una empresa para la elaboración de la harina de ramón, hasta la protección de una marca para comercializar dicha harina.

Actividad 2. Formas jurídicas, tipos y cuál elegir

Pregunta de investigación

¿Cómo se organiza legalmente un proyecto de negocio que involucra un recurso y conocimiento aportado por comunidades indígenas?

Objetivo

Que la o el participante conozca las diferentes formas jurídicas que existen para constituir una empresa y que identifique los criterios básicos para saber cuál es la más conveniente para el proyecto que desarrollaremos.

Materiales

- Laptop, computadora o dispositivo móvil para ver los videos.
- Libreta de reúso.
- Lápiz o pluma para tomar apuntes.

Desarrollo:

1. Para conocer sobre las formas de figuras jurídicas para constituir una empresa, lee la siguiente información:

ORGANIZACIÓN LEGAL

Figuras jurídicas

Identidades que puede asumir legalmente una empresa teniendo en cuenta su titularidad y la responsabilidad que sus propietarios tienen en términos legales.

SOCIEDAD ANÓNIMA
Es una fórmula empresarial que se convierte en la favorita de aquellos profesionales que tienen la idea de generar un negocio con vistas al futuro, de tamaño voluminoso y con objetivos de crecimiento.

SOCIEDAD DE RESPONSABILIDAD LIMITADA
Para pequeños y medianos negocios, esta modalidad sigue siendo la opción más adecuada en cuanto a flexibilidad y posibilidades de beneficio.

SOCIEDAD EN COMANDITA SIMPLE
Son sociedades mercantiles de carácter personalista formadas por socios colectivos que aportan trabajo a la sociedad y que pueden aportar, o no, capital, y también por socios comanditarios que tan solo aportan capital.

SOCIEDAD EN NOMBRE COLECTIVO
Se utiliza sobre todo en mercados donde la confianza es la base principal para conseguir nuevos clientes. Ejemplos son los bufetes de abogados, arquitectos, médicos, auditores, corredurías de seguros o muchos otros tipos de técnicos especialistas.

COOPERATIVA
Se constituye por profesionales de un mismo sector, que aúnan sus recursos y conocimientos para la consecución de un objetivo común. Las cooperativas son muy usuales en el sector primario, esto es, en actividades de agricultura, ganadería, pesca, caza o explotación forestal.

Figura 8. Mujeres de la Cooperativa Selva Viva 3G. Recuperado de https://staging.la-lista.com/actualidad/2022/05/01/ramon-el-arbol-de-la-selva-maya-que-es-un-tesoro-nutricional-por-sus-propiedades

Dado que actualmente la cadena de valor para hacer harina de ramón está conformada principalmente por productores y productoras de comunidades rurales y, en su afán de comercializar de una manera más adecuada tienen la inquietud de organizarse para hacer una unidad de acopio y producción de la harina, han pensado en definir la estructura más conveniente. Con respecto al emprendimiento de la harina

de ramón y de acuerdo con la infografía anterior, ¿en qué sociedad consideras que podrían constituirse?

2. Consulta el siguiente video:

   - *Tipos de empresas según su forma jurídica* (https://www.youtube.com/watch?v=YIX53YMBNH4).

Figura 9. Tipos de empresas según su forma jurídica.

En este video conocerás cómo se clasifican las empresas según su forma jurídica, pero principalmente identificarás la responsabilidad de cada una.

¿Identificaste alguna figura que conozcas? ¿Cuál?

¿Sabías que la empresa Amazon es una Sociedad Anónima?

amazon.sa

Figura 10. Razón social de Amazon.

3. Para constituir la empresa es necesario conocer el número de socios, la responsabilidad de cada uno, capital mínimo disponible y el tipo de actividad que realizan.

¿Cuántas personas consideras que están involucradas en el emprendimiento? Toma en cuenta que son comunidades.

¿Qué responsabilidad tiene cada uno de los involucrados? Toma en consideración que todos apoyan y participan en las decisiones.

¿Con qué monto de capital crees que cuenten?

¿Consideras que las comunidades tienen fondos suficientes para establecer una SA?

¿En qué sector consideras que se encuentran las actividades de producir la harina de ramón? Ayúdate de la **Figura 11**.

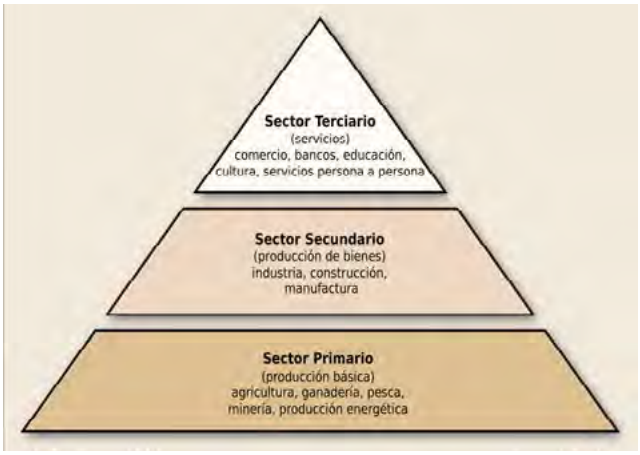


Figura 11. Clasificación sectorial de la economía (recuperado de https://www.regionalentwicklung.de/regionales-wirtschaften/uebersetzungen-translation/economias-regionales-como-complemento-de-la-globalizacion/).

4. Consulta la siguiente tabla comparativa (Montero, 2017; Sociedades, s.f.) y, de acuerdo con ella, contesta lo siguiente: ¿cuál crees que es la figura jurídica más conveniente para el emprendimiento?

Tipo de empresa según su figura jurídica	No. de socios	Capital social	Responsabilidad de los socios	Capital mínimo en pesos mexicanos
Sociedad Anónima	No requiere de un mínimo de socios.	Acciones.	Limitada al capital aportado.	$ 50,000.00
Sociedad de Responsabilidad Limitada	Mínimo de 2 socios y máximo de 50.	Participaciones sociales.	Limitada al capital aportado.	$ 3,000.00
Sociedad de Comandita Simple	Mínimo dos socios, no tiene máximo. *Dos clases de socios: los comanditarios y los comanditados	Acciones.	Respuesta ilimitada ante las deudas.	$ 50,000.00
Sociedad en Nombre Colectivo	Mínimo dos socios, el máximo es ilimitado. En las sociedades en nombre colectivo existen dos tipos de socios: los industriales, que aportan su trabajo y perciben un sueldo; y los capitalistas, que aportan el capital monetario.	Participaciones sociales.	Respuesta ilimitada ante las deudas.	No requiere un mínimo.
Cooperativa	Primer grado: mínimo 5 socios. Segundo grado: 2 cooperativas.	Dividido en certificados de aportación.	Limitada al capital aportado.	No establece mínimo, pero siempre serán de capital variable.

Tabla 1. Comparativo de figuras jurídicas (Autora: Carolina Leal).

Lo que debes saber

Antes de escoger la figura jurídica que más le convenga a tu emprendimiento, es necesario responder una serie de preguntas básicas y en función de eso, tomar una u otra decisión:

- ¿Qué actividad se va a desarrollar?
- ¿Cuántos socios conformarán la empresa?
- ¿Qué grado de responsabilidad tendrá cada uno?
- ¿Cuánto dinero necesitamos para montar la empresa?

Conclusiones

Las sociedades cooperativas agrícolas, por lo general, están formadas por trabajadores y trabajadoras que no suelen tener grandes recursos económicos, por lo que se les hace imposible competir individualmente con productos extranjeros o grandes marcas.

Es importante dejar en claro la estructura interna de la cooperativa dividida en secciones especializadas, así como las funciones y beneficios que debería obtener cada uno de sus integrantes.

En el caso de la harina de ramón, puede haber agricultores y agricultoras que se encarguen de la preparación de la tierra, otros que hagan la cosecha y, por último,

los que efectúen la distribución. De esta forma, y gracias a la buena distribución de tareas, se consigue mantener viva una tradición que, de otra forma, no podría sobrevivir. ¿No te parece interesante?

Después de haber seleccionado la figura jurídica adecuada para el establecimiento de la empresa, identificaremos los actores clave que permitirán poner en marcha el proyecto. Esto lo haremos a través de la construcción de un modelo de negocio.

Actividad 3. Creando valor, diseñando tu modelo de negocio innovador

Pregunta de investigación

¿Cómo puedo ordenar las ideas para diseñar la estructura de un modelo de negocio innovador?

Objetivo

Que el o la participante comprenda qué es un modelo de negocio y aplique los 9 elementos que integra la herramienta Canvas, como una opción para el desarrollo de este.

Materiales

- Laptop, computadora o dispositivo móvil para ver los videos.
- Libreta de reúso.
- Lápiz o pluma para tomar apuntes.

Desarrollo

1. Consulta la información disponible en el siguiente link: ¿Qué es un modelo de negocio? (https://modelocanvas.net/modelo-de-negocio/).

En este portal podemos consultar información relacionada con la definición de modelo de negocio, sus características y los diferentes tipos que existen. Después de analizar, te darás cuenta de que los modelos de negocio no son lineales, es decir, son iterativos, ya que pueden presentar actualizaciones. Esto se debe a que las empresas se encuentran en constante evolución al tener que adaptarse ante ciertas amenazas o tener oportunidades de mejora para ser más competitivas.

2. Consulta el siguiente video: *Modelo Canvas | Cómo aplicar el modelo Canvas en el lienzo | Ejemplo práctico* (https://www.youtube.com/watch?v=i-1Le5GYkBT8&t=62s).

El video nos muestra lo que es un modelo de negocios Canvas y los 9 elementos que lo componen.

3. Con relación a la información consultada reflexiona y responde las siguientes preguntas:

   - Desde tu perspectiva, ¿qué entiendes por modelo de negocio?
   - ¿Por qué es importante crear un buen modelo de negocio?
   - ¿Por qué se dice que un modelo de negocios es una «hipótesis»?
   - ¿Qué es el modelo de negocio Canvas?
   - ¿Cuántos y cuáles elementos lo componen?
   - Describe cada uno de los elementos que lo componen.

4. ¡Manos a la obra! Realiza la siguiente actividad: ahora vamos a estructurar un modelo de negocio relacionado con el procesamiento de la semilla de ramón (*Brosimum alicastrum*), también conocida como «nuez maya»; estará relacionado con una cooperativa que se encargará del acopio y procesamiento de semillas de ramón, cuyo producto ofertado será la harina de ramón. Este tipo de harina es una opción para el consumo de personas con enfermedad celiaca, es decir, personas a las que la ingesta de gluten les causa daños en la salud.

De acuerdo a datos de la Asistencia al Celíaco de México, A.C. (ACELMEX), en el país la prevalencia es de 1 por cada 150 personas nacidas. Asimismo, el único tratamiento existente es una dieta libre de gluten de por vida.

a. Ingresa al siguiente enlace (Yun, s.f.): canvanizer.com/choose-canvas

b. En la parte superior izquierda selecciona la opción ***Create Canvas***.

Figura 12. «Paso b» para crear tu modelo de negocio Canvas (Fuente: canvanizer.com).

c. Selecciona la primera opción: ***Business***.

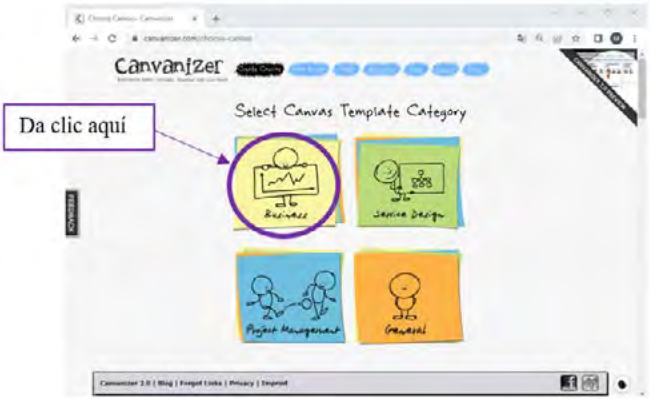


Figura 13. «Paso c» para crear tu modelo de negocio Canvas (Fuente: canvanizer.com).

d. Selecciona ahora la opción ***Business Model Canvas***.

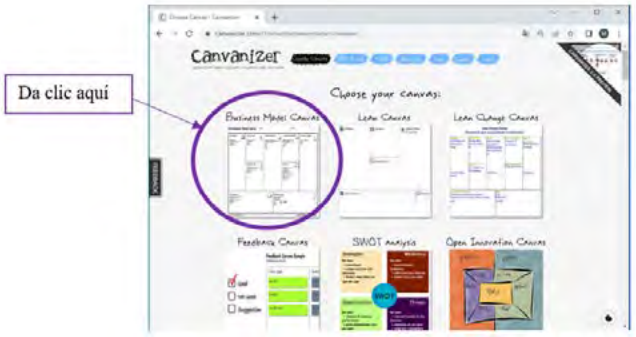


Figura 14. «Paso d» para crear tu modelo de negocio Canvas (Fuente: canvanizer.com).

e. Agrega el título: «Modelo de Negocios Cooperativa harina de ramón», y da clic en: **Start Canvanizing!**

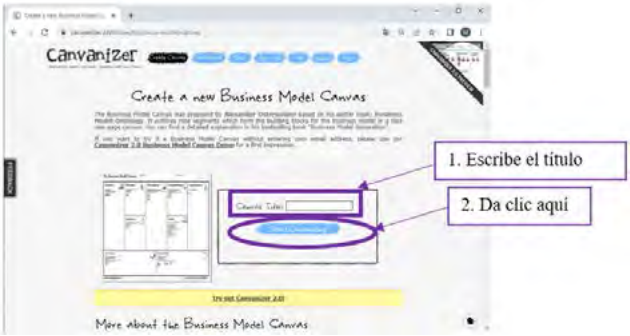


Figura 15. «Paso e» para crear tu modelo de negocio Canvas (Fuente: canvanizer.com).

f. ¡Vas muy bien! Esta herramienta digital ayuda a que puedas visualizar los 9 cuadrantes del modelo de negocio Canvas. Ahora lo que tienes que hacer es lo siguiente: a continuación, podrás observar 9 notas adhesivas correspondientes al modelo de negocio Canvas de la cooperativa que se encarga del acopio y procesamiento de las semillas de ramón para convertirlas en harina, las cuales deberás clasificarlas en el cuadrante correspondiente dentro de la herramienta digital *Canvanizer*.

NOTA
Para escribir en la plataforma Canvanizer, deberás dar clic al símbolo «+», ubicado en la parte superior derecha de cada cuadrante. Ahí podrás crear las notas adhesivas y seleccionar el color que más te guste.

-1 de cada 150 personas en México que presentan la enfermedad celiaca.	-Proveedores de insumos. -El Gobierno. -Familias encargadas de la recolección de la semilla de ramón.	-Tienda física. -Tienda en línea. -Anuncios en Facebook, Instagram, TikTok, etc.
- Acopio y procesamiento de la semilla de ramón. -Venta de harina de ramón. -Promoción de los conocimientos tradicionales.	Cooperativa que integra a la cadena de valor de producción de harina de ramón, a familias rurales en México para preservación y rescate de los conocimientos. Asimismo, resuelve la necesidad de crear una oferta de productos para personas con enfermedad celiaca.	-Trato directo, a largo plazo y personalizado con los clientes, invitándolos a conocer la importancia de la cooperativa. -Relación cercana a través de redes sociales.
-Materia prima. -Miembros de la cooperativa. -Talento humano. -Equipos de trabajo. -Infraestructura.	-Salarios. -Costo de marca. -Costo de mobiliario. -Publicidad en redes sociales. - Pago de servicios. -Impuestos.	-Venta del producto: harina de ramón. -Servicio de capacitación sobre el ramón. -Servicio de impartición de talleres para desarrollo de nuevos productos a partir del ramón. -Taller sobre reforestación del ramón.

Figura 16. Notas adhesivas del modelo de negocio Canvas para clasificar en los 9 cuadrantes (elaborado por Miroslava Talavera Vázquez).

A continuación, podrás encontrar la respuesta al ejercicio.

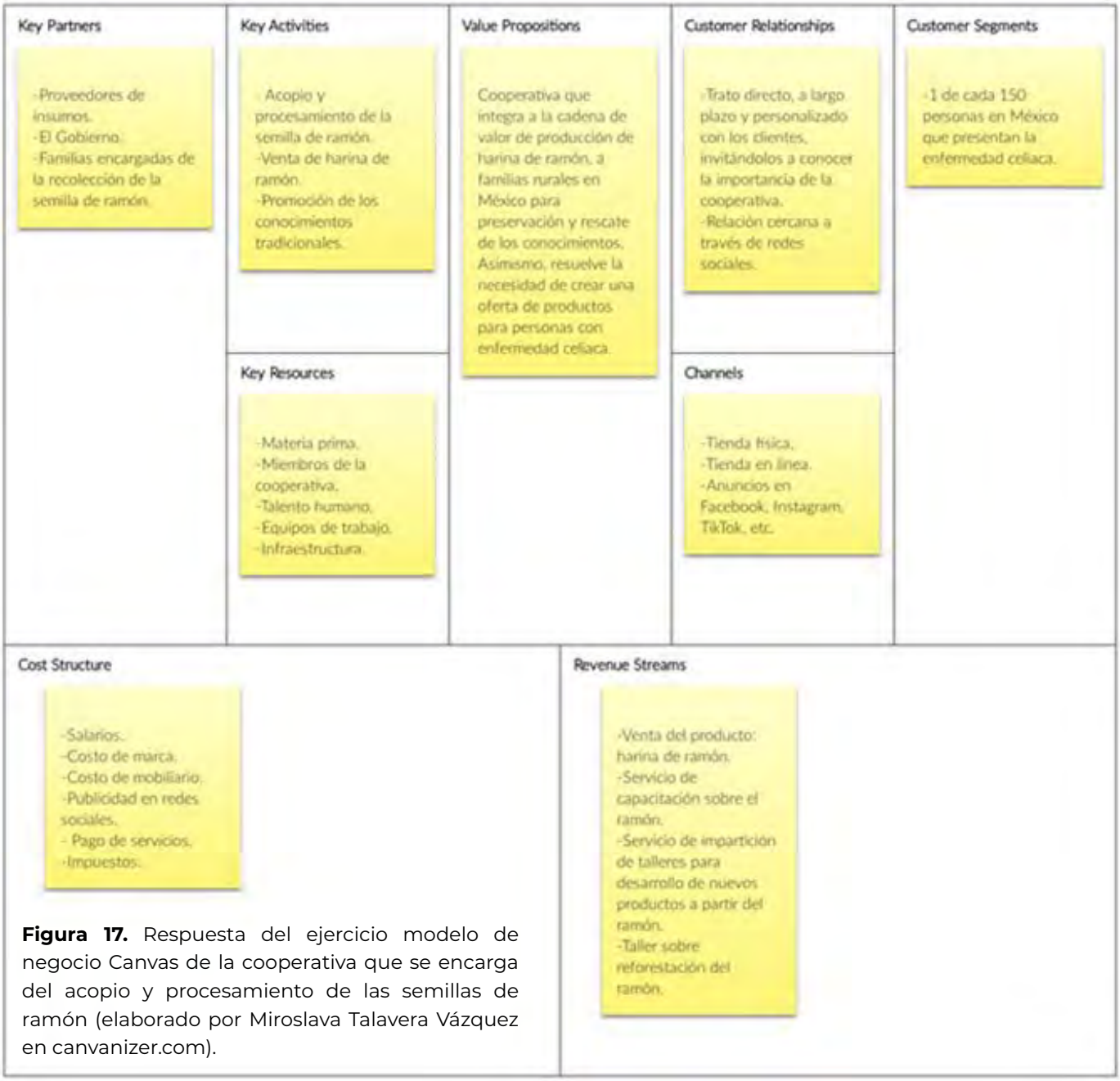


Figura 17. Respuesta del ejercicio modelo de negocio Canvas de la cooperativa que se encarga del acopio y procesamiento de las semillas de ramón (elaborado por Miroslava Talavera Vázquez en canvanizer.com).

¿Lo lograste? ¿Estuviste cerca?

Te felicitamos por intentarlo, ya sea que hayas logrado que todos los cuadrantes estén en el lugar adecuado, así como si estuviste cerca de lograrlo. Recuerda que estructurar un modelo de negocios no es una tarea fácil, además de que es una actividad continua, ya que como hemos visto, las empresas evolucionan e integran **innovación** en su quehacer diario. ¡La práctica hace a los maestros y maestras!

NOTA
Si la herramienta *Canvanizer* te solicita que crees una cuenta, puedes hacerlo, a veces esta plataforma te solicita registrarte para poder continuar utilizándola.

Conclusiones

La generación de modelos de negocios innovadores que se adapten antes situaciones problemáticas o necesidades de la actualidad, no es tarea fácil. Es por ello que contar con herramientas que nos faciliten estructurar un modelo de negocio es de suma importancia; en este caso, la herramienta Canvas es una de las principales utilizadas en el mundo de los negocios, sin embargo, no es la única. Es por ello que es importante que como futura persona de negocios, estés actualizándote en estos temas de interés para poder contar con conocimientos, habilidades y técnicas que te apoyen a poder tener éxito en este ámbito.

Lo que debes saber

El modelo de negocio Canvas es una herramienta que apoya en la estructuración, visualización y comprensión de un modelo de negocio; este es un paso previo a la realización de un plan de negocio. En la parte derecha del modelo de negocio Canvas, específicamente los apartados de segmento de clientes, propuesta de valor, relación con el cliente, canales de distribución y comunicación, y flujos de ingreso, hacen referencia a la parte de mercado, es decir, la parte emotiva y de generación de valor. El lado izquierdo, el cual hace referencia a actividades clave, recursos clave, socios clave y estructura de costes, se relaciona con la parte interna de la empresa, es decir, la parte lógica y de eficiencia.

Actividad 4. Las marcas como mecanismo de protección de los conocimientos tradicionales

¿Qué tal te fue en las actividades anteriores? Es interesante ver cómo a través del modelo de negocio podemos tener un panorama general de los actores y consideraciones importantes para que nuestro negocio funcione de una mejor manera y, al mismo tiempo, reconocer qué tipo de empresa podemos formar de acuerdo a nuestras necesidades. En el caso de las sociedades cooperativas, ¿sabías que se puede registrar una marca colectiva?

Las marcas colectivas son una excelente herramienta para distinguir productos que han sido generados con calidad, de acuerdo con los procesos establecidos por los integrantes de una misma sociedad cooperativa.

Algunos signos distintivos que pueden ser útiles para la protección de los negocios que se relacionan con conocimientos tradicionales son los siguientes:

Marca: son útiles para distinguir productos o servicios. Registrar una marca que avale la calidad de lo que ofreces es lo mejor que puedes hacer para respaldar tu producto y que la gente te reconozca. Cuando diseñes una marca que involucre conocimientos tradicionales, no olvides integrar elementos que evoquen su origen. Éstas pueden utilizarse en conjunto con una marca colectiva.

Marca colectiva: son aquellas que pueden ser solicitadas por las asociaciones o

sociedades de productores, fabricantes o comerciantes de productos, o prestadores de servicios legalmente constituidos, para distinguir en el mercado los productos o servicios de sus miembros, siempre que estos posean calidad o características comunes entre ellos (Cámara de diputados, 2020). Como podrás ver en este proyecto de la harina de ramón, es muy deseable gestionar el registro de una marca colectiva. Imagina que la cooperativa que se ha formado pueda unirse con otras de la región y generar su propia marca colectiva para así, fortalecer su estrategia de *marketing*.

Indicaciones geográficas (IG): forman parte de los signos distintivos que pueden ayudar a resaltar el valor cultural que hay detrás de un producto; de hecho, las denominaciones de origen (DO) forman parte de las indicaciones geográficas (IMPI, 2018). ¿Conoces alguna? La denominación de origen del tequila es una de las más famosas.

Pregunta de investigación

¿Cómo puedo generar una marca colectiva?

Objetivo

Que el participante diseñe una marca empleando las herramientas que estén a su alcance y tratando de evocar en ella la cultura de la cual proviene el conocimiento tradicional.

Materiales

- Laptop, computadora o dispositivo móvil.
- Libreta de reúso.
- Lápiz o pluma, colores o marcadores.

Desarrollo

1. Nuestra actividad será diseñar una marca colectiva. ¡Ponte creativo o creativa y vamos a diseñar! Puedes hacerlo utilizando alguna herramienta digital que conozcas, como Canva® u otra que sepas utilizar, incluso puedes hacerlo usando tus colores o marcadores haciendo el diseño en tu libreta. Piensa en una denominación y un diseño atractivo que refleje de alguna manera la cultura de la cual se origina la harina de ramón. Por ejemplo: en las imágenes de marcas colectivas que se muestran a continuación, en el caso de la marca de la Asociación de Artesanos de Madera torneada de Dzitia, A.C. la denominación es «Meyá-Che».

Figura 18. Ejemplos de marcas colectivas registradas en México. a) de la asociación de artesnos de madera torneada de Dzitya, A. C.; b) de la coordinadora artesanal de productos de barro de Tzintzuntzan, A. C.; c) de la sociedad cooperativa de artesanos productores de tapetes anudados a mano Santiago Temoaya, S. C. L.

2. Una vez que generaste tu marca, guárdala como archivo con extensión .gif para que puedas realizar la actividad que sigue. Si la hiciste en tu libreta, tómale una foto con tu celular.

Lo que debes saber

Los signos distintivos, entre ellos las marcas, son necesarios para la comercialización de un producto y llegan a convertirse en activos de gran valor para las empresas.

Conclusiones

Las marcas colectivas son de gran utilidad para fortalecer las estrategias de comercialización de los productos que se generan por asociaciones de productores o sociedades cooperativas, muchas de ellas basan sus procesos en prácticas de elaboración ancestrales o hacen uso de materias primas con características peculiares por la región de la que provienen, las marcas colectivas cumplen con la finalidad de dar el reconocimiento a estas prácticas u origen de los productos.

Actividad 5. Aspectos importantes previo al registro de marca

¿Sabías que, para registrar una marca, incluyendo las colectivas, tienes que identificar su clase de registro y adicionalmente realizar una búsqueda fonética y figurativa para asegurarte que no hay una marca igual o similar ya registrada o en trámite?

Pregunta de investigación

¿Cómo puedo verificar la factibilidad de registro de mi marca?

Objetivo

Que el participante conozca los pasos previos que debe realizar antes de registrar una marca ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI).

Materiales

- Laptop, computadora o dispositivo móvil.
- Libreta de reúso.
- Lápiz o pluma para tomar apuntes.

Desarrollo

1. Empecemos por realizar la búsqueda de la clase para registrar una marca para una cooperativa que se dedica a la elaboración de harina. Para ello deberás ingresar a la siguiente página del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial, institución encargada de tramitar y conceder registros de marcas en el país: https://clasniza.impi.gob.mx/. Una vez en la página, verás en la parte superior de tu pantalla la palabra «Buscador», da clic y se desplegará lo que se observa en la **Figura 19**.

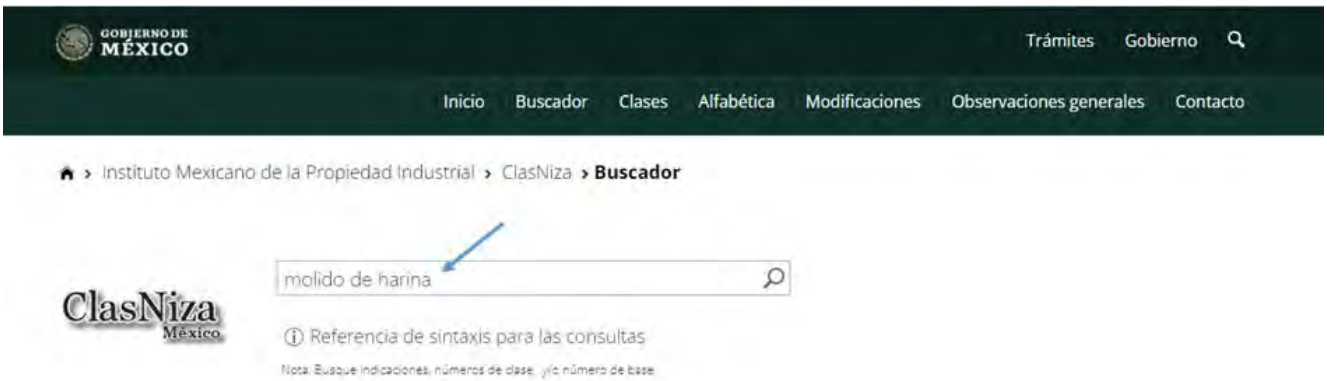


Figura 19. Buscador de la clasificación de Niza para productos y servicios.

En el recuadro pon las palabras «molido de harina» y el sistema desplegará su clase de registro. ¿Qué número de clase es? Anótalo.

2. Posteriormente, entra a MARCIA®, una herramienta del IMPI que nos ayuda a verificar que no existan marcas iguales o parecidas. Ingresa al siguiente enlace: https://marcia.impi.gob.mx/marcas/search/quick. Una vez ahí, pon el nombre que ideaste para tu marca (como se observa en el ejemplo de la **Figura 20**) y da clic en buscar.

Figura 20. MARCIA®, buscador de marcas.

Verifica que no exista una denominación igual o similar en la clase de registro que localizaste. En la parte izquierda de tu pantalla (**Figura 21**) se despliegan las clases; si no está la tuya quiere decir que no hay ninguna marca (denominación) parecida dentro de la clasificación. Así podrás registrar tu marca sin problemas. Ahora bien, si encuentras tu clase, da clic en ella y verifica que no haya alguna que se pronuncie de manera similar. Si no hay, entonces seguramente tu marca no tendrá ningún problema de registro. De no ser así, piensa en una nueva denominación. Recuerda, hay que ser innovadores y tratar de idear marcas que sean diferentes a las que ya se encuentran en el mercado.

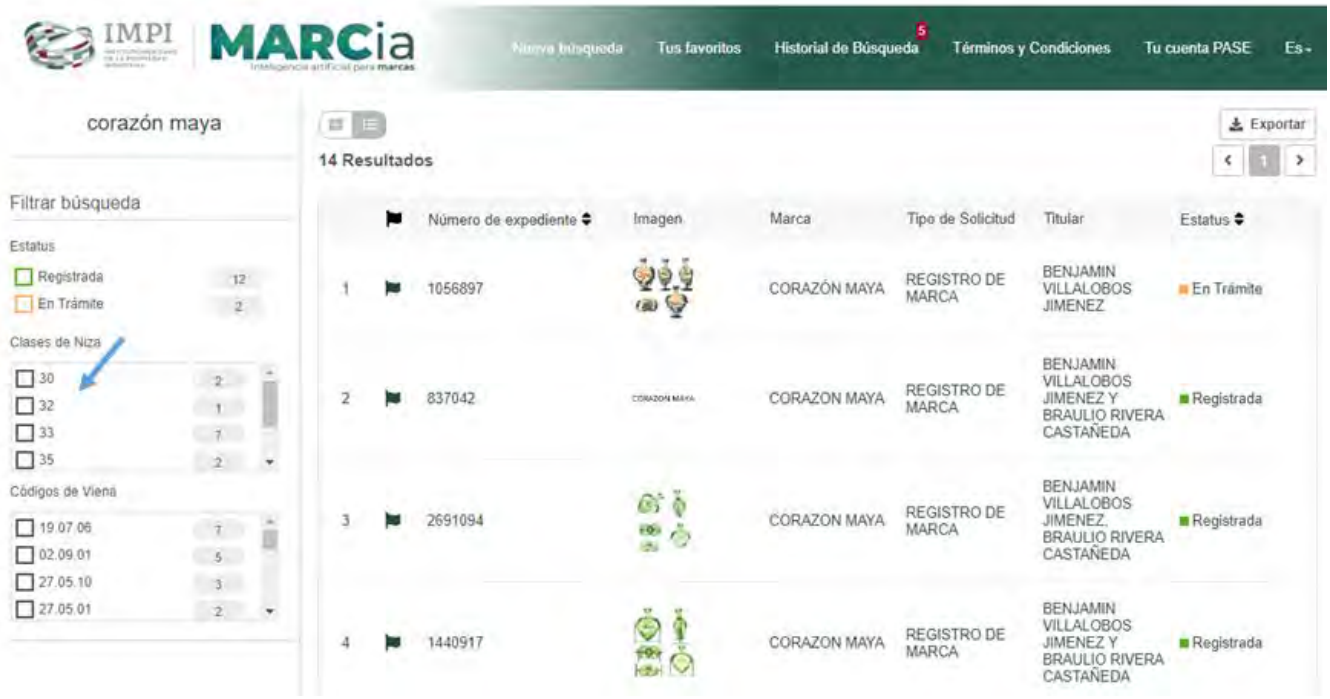


Figura 21. Imagen de resultados desplegados en MARCIA® después de realizar una búsqueda de marca.

3. De manera adicional, realiza la búsqueda del logo que diseñaste. En la imagen de la **Figura 20** podrás observar que del lado derecho aparece una sección para cargar tu logo. Es importante que el archivo tenga la extensión .gif.

Una vez que hayas corroborado que tu denominación y logo no son similares a algo ya registrado, has concluido con la actividad y tendrás una marca lista para ser utilizada en la cooperativa para producir harina de ramón.

Lo que debes saber

Recuerda incluir en tu marca diseños originales que evoquen y resalten el legado cultural ligado a tu producto.

Conclusiones

El proceso de registro de una marca es relativamente sencillo, siempre y cuando se realicen las búsquedas que nos ayuden a corroborar que no hay una marca similar o parecida registrada en México.

CONCLUSIÓN GENERAL

El valor que representan el conocimiento tradicional y las expresiones culturales que cada nación posee es incalculable. Es riqueza perteneciente a la humanidad y a sus futuras generaciones; preservarlo y respetarlo es responsabilidad de todos y todas. De ahí deriva uno de los principales objetivos de este pequeño, pero ilustrativo proyecto.

Un segundo objetivo, y no menos importante, es reconocer que muchos de estos conocimientos son potencialmente comercializables. Derivado de ello, nacen muchas preocupaciones. Una de ellas es que los pueblos poseedores de estos conocimientos no reciban el beneficio y reconocimiento que merecen por su utilización. De ahí que en este capítulo se muestre una ruta viable para establecer un negocio, considerando algunas figuras jurídicas, tanto empresariales como de propiedad intelectual que permitan incluir a las comunidades y que estas puedan gozar de los beneficios de una explotación comercial.

SOBRE LOS AUTORES

La **M. C. Alejandra Barraza Morales** es ingeniera biotecnóloga con maestría en Ciencias. Colaboró por mucho tiempo en los laboratorios de investigación del CICY y actualmente es gestora de propiedad intelectual, apoyando en la gestión de registros de patentes, marcas y derechos de autor, además de coadyuvar activamente a la promoción de la cultura de la propiedad intelectual. «A tu edad me interesaba mucho el deporte, la pintura y la Biología. Finalmente, mis pasos se encaminaron por las áreas relacionadas con la Biología, puesto que mi carrera es afín a esa rama. Sin embargo, he descubierto con el paso del tiempo que puedo desempeñarme en otras áreas, todo es cuestión de ir explorando nuevos caminos. Sigo haciendo mucho deporte y también practico el baile; no dejo de lado la inquietud de retomar la pintura y de aprender nuevas cosas día con día».

La **L. A. Carolina del Carmen Leal Gómez** es licenciada en Administración por el Instituto Tecnológico de Mérida. Colabora como asistente técnico en los proyectos sociales en los que se involucra a la Dirección de Gestión Tecnológica y ha tenido oportunidad de conocer de cerca la problemática de algunos personas productoras y comunidades con necesidades de proteger sus invenciones. «A tu edad recuerdo que estuve en contacto con las artes, la música y la danza, y no fue hasta hace poco que conocí todo el valor de aquellas creaciones de mis maestros y compañeros, y lo importante de protegerlas y registrarlas, ya que en su momento hubiésemos dejado una base para futuras generaciones de nuevos bailarines y músicos».

La **Mtra. Miroslava María Talavera Vázquez** es licenciada en Mercadotecnia y Negocios Internacionales con maestría en Alta Dirección e Inteligencia Estratégica. Actualmente colabora como gestora de proyectos y analista en Inteligencia de Mercado en el CICY, en donde brinda apoyo en la coordinación de proyectos para impactar de forma positiva a la sociedad; asimismo se encarga de desarrollar estrategias de *mar-*

keting que impulsen la oferta de servicios y productos tecnológicos del centro. «A tu edad recuerdo que me quería dedicar a ser profesora de primaria porque veía a mi mamá con tanta sabiduría y enseñando a los demás con tanta pasión y amor, así como, también tenía inclinación por la ciencia aplicada, pues mi papá me transmitía siempre su pasión por ella al contarme, de vez en cuando, lo que hacía en su día a día; desde esa época me gustaba utilizar mi imaginación y ser muy creativa en todo lo que hacía».

El **M. C. Javier García Villalobos** es químico farmacéutico biólogo, con maestría en Ciencias del Mar y Limnología. Actualmente es director de Gestión Tecnológica en el CICY. «Desde muy joven supe que me interesaba la ciencia, me apasionaban los dinosaurios, las estrellas, los autos y el mar; es por eso que decidí estudiar una carrera científica y una maestría que me permitiera hacer investigación en el océano y viajar a bordo de un buque oceanográfico. En mi carrera profesional he pasado desde industria farmacéutica, la investigación en físico-química, hasta la gestión de la innovación. Actualmente mi pasión es apoyar proyectos cuyo principal objetivo es vincular los centros de desarrollo científico con los actores sociales y productivos. Me gusta estar en constante aprendizaje y enfrentar nuevos retos. Mis pasatiempos son el cine y los autos, además de disfrutar mucho de la naturaleza y mi familia».

GLOSARIO

Bioprospección: se enfatiza en los proyectos de desarrollo biotecnológico para la producción de bioenergéticos, moléculas bioactivas contra el cáncer, enfermedades infecciosas o de moléculas de interés Industrial, farmacéutico y agropecuario a partir de organismos eucariotes y procariotes.

***Brosimum alicastrum*:** especie de árbol perenne que puede medir hasta 30 metros de altura, conocida con diferentes nombres en diversas lenguas y estados de la República Mexicana: *a-agl* (tepehuano); *ash* (tzeltal); *hairi* y *hairi-te* (huichol); *jauri* (cora), *juksapuo, jushapu* y *mojcuji* (totonaca y popoluca); *lanfe-lá y tunumi-taján* (chontal y mixteco); *ox* (maya); *tlatlacotic* (náhuatl); *apomo* (Sinaloa); *ax* (Tabasco y Veracruz); *capomo* (Colima, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Oaxaca, Sinaloa y Veracruz); *huje y huji* (Michoacán); *ramón* (Oaxaca, Campeche, Yucatán y Quintana Roo); *oshté, ojosh* y oxitle (San Luis Potosí); y *ojite* (Veracruz, Tamaulipas y Oaxaca).

Certificado de aportación: es el título representativo del aporte efectuado y expresado en el mismo que otorga la Cooperativa y confiere la calidad de asociada o asociado a su titular, con los derechos inherentes, conforme al Estatuto Orgánico.

Innovación: es la introducción de un producto (bien o servicio) o de un proceso nuevo o significativamente mejorado, o la introducción de un método de comercialización o de organización nuevo aplicado a las prácticas comerciales, a la organización del trabajo o a las relaciones externas.

Marca: es todo signo perceptible por los sentidos y susceptible de representarse

de una manera que permita determinar el objeto claro y preciso de la protección, que distinga productos o servicios de otros de su misma especie o clase en el mercado.

Modelo de negocio: es un instrumento que nos permite identificar los elementos clave a tomar en cuenta para poder ofrecer un producto o servicio al mercado.

Propiedad intelectual (PI): se relaciona con las creaciones de la mente (invenciones, obras literarias y artísticas, así como símbolos, nombres e imágenes utilizados en el comercio). La legislación protege a la PI, por ejemplo, mediante las patentes, el derecho de autor y las marcas, que permiten obtener reconocimiento o ganancias por las invenciones o creaciones.

REFERENCIAS

Cámara de diputados. (2020). *Ley Federal de Protección a la Propiedad Industrial*. Consultado en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFPPI_010720.pdf

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI). (2018). *Denominaciones de origen y las Indicaciones Geográficas*. Consultado en: https://www.gob.mx/impi/articulos/denominaciones-de-origen-y-las-indicaciones-geograficas-163831#:~:text=La%20diferencia%20fundamental%20consiste%20en,cumpla%20con%20un%20solo%20criterio

Montero, M. (2017). ¿Qué es la forma jurídica de una empresa? *Emprende pyme.net*. Consultado en: https://www.emprendepyme.net/que-es-la-forma-juridica-de-una-empresa.html

Organización Mundial de la Propiedad Intelectual. (2020). *Propiedad intelectual y recursos genéticos, conocimientos tradicionales y expresiones culturales tradicionales*. http://dx.doi.org/10.34667/tind.42281

Sociedades. (s.f.). *Infoautónomos*. Consultado en: https://www.Infoautonomos.Mx/sociedades/

Yun, T. (s.f.). Qué es el modelo de negocio. *Modelo canvas*. Consultado en: https://modelocanvas.net/modelo-de-negocio/

5P

Inteligencia artificial aplicada a la sustentabilidad

Dr. Luis Orlando Polanco Vásquez

Dr. Víctor Manuel Ramírez Rivera

Unidad de Energía Renovable (Laboratorio de Sistemas Híbridos)

Descripción

Las y los estudiantes conocerán la inteligencia artificial y su potencial aplicación para la sustentabilidad.

Desarrollarán actividades de programación gráfica por bloques, enfocadas en inteligencia artificial aplicada a la sustentabilidad.

Objetivo

Conocer las características del programa Scratch® y su aplicación para la inteligencia artificial y sustentabilidad.

Materia afín

- Tecnología de la información y comunicación.

Pregunta inicial

¿Puede la inteligencia artificial promover la sustentabilidad para mitigar los efectos del cambio climático?

¿Qué vas a aprender?

- Programación en lenguaje Scratch®.
- Trabajo en equipo a distancia.
- Características de la inteligencia artificial que se pueden aplicar para la sustentabilidad.
- Lenguaje académico-técnico.

PANORAMA GENERAL DEL TEMA

La inteligencia artificial (IA) es un área de la tecnología de la información que ha sido estudiada desde 1950, pero realmente desde el año 2010 ha tenido una evolución significativa debido al desarrollo de equipos de cómputo mucho más veloces y poderosos (Mora Castro, 2016).

La IA trata de simular el comportamiento de un ser humano para la toma de decisiones y otros aspectos relacionados con la inteligencia de las personas. El concepto de IA no es nuevo, pues sus orígenes se remontan a un taller realizado en la Universidad de Dartmouth (EE. UU.) en 1956, donde John McCarthy propuso este término para hacer referencia a las «máquinas pensantes», buscando en un inicio desarrollar máquinas que simulasen perfectamente el comportamiento del ser humano, el funcionamiento de sus procesos mentales y la interacción con el entorno (Structuralia, s.f.); esto tenía un fin: resolver con estos sistemas cualquier tipo de tareas que una persona tuviera enfrente e incluso hacerlo mejor. Sin embargo, después de este episodio, la inteligencia artificial se mantuvo por un tiempo en estancamiento. A este periodo se le conoció como el «Invierno de la IA».

Al pasar de los años, el panorama para la IA fue cambiando para enfocarse en emular perfectamente la inteligencia de un ser humano, ya que esto es muy difícil de evaluar y comprobar. En realidad, la IA ahora se enfoca en que las computadoras puedan analizar el entorno y realizar algunas tareas de manera autónoma. Las soluciones clásicas como el *Test de Turing* (B12, 2019), han tenido numerosas críticas al respecto en lo referente a poderse ver cómo un conjunto de normas absoluto de medición de inteligencia racional. El *Test de Turing* es una prueba que se aplica a la computadora para saber qué tanto se asemeja su comportamiento a la inteligencia de un ser humano.

La inteligencia artificial especializada reduce el alcance y pretensiones de esta nueva tecnología, que ahora no se enfocará en cualquier tipo de problema como un sistema sino desarrollando sistemas específicos en

resolución de determinadas tareas concretas donde, de nuevo, pudiesen resolverlas de forma más eficiente que un ser humano.

Hoy en día la IA especializada ha logrado ser validada en diferentes ocasiones para tareas muy específicas, siendo la tecnología que está siendo más investigada y la que se está implementando en más empresas de todo tipo de sectores. Es por lo que, en lo que concierne a este manual, se hablará concretamente de esta IA.

La IA está siendo utilizada en una serie de aplicaciones para fomentar el desarrollo sostenible. Esta tecnología es fundamental para facilitar la económica circular, la aplicación para la utilización de energías renovables, la construcción de ciudades inteligentes, la gestión del tráfico, etcétera.

Por ejemplo, en la gestión de tráfico permite predecir atascos y ofrecer rutas alternativas. Se puede predecir la demanda de vehículos por zona y hora. La IA también se está utilizando para mejorar la eficiencia de las energías renovables. Las empresas emplean la tecnología para conocer la disponibilidad la energía solar y eólica en el futuro y así, planificar el despacho de la energía. Para la agricultura también se utiliza para hacer eficiente el riego y la fertilización; es decir, puede predecir las necesidades del cultivo. Las soluciones más innovadoras dentro de la sostenibilidad en la agricultura son drones que facilitan la vigilancia de las personas agricultoras, además del análisis de imagen hiperespectral para el control exhaustivo de plagas (Code Intef, 2019).

PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

Este proyecto te guiará en la búsqueda de conocimiento sobre las características y aplicación de la IA para la sustentabilidad.

Para ello, harás uso de diversos materiales didácticos que se han preparado para ti y te adentrarás en el mundo de la IA y la sustentabilidad.

Durante el desarrollo de este proyecto conocerás aspectos relacionados con los **algoritmos** que se utilizan para la IA, plataformas de programación gráficas para realizar animaciones que la integran, entre muchos otros aspectos interesantes.

Además, desarrollarás actividades experimentales basadas en el método científico que te permitirán generar algoritmos sencillos de IA para aplicaciones relacionadas con la sustentabilidad, energías renovables y otros aspectos importantes en el medio ambiente.

Este manual ha sido redactado por académicos del **Laboratorio de Sistemas Híbridos** de la Unidad de Energía Renovable del CICY, y se desarrollará aplicando el método científico, implementando prácticas de programación simples en herramientas de acceso libre y fácil en la red de internet. Con todo lo anterior, las y los jóvenes desarrollaran, a través de actividades sencillas, un proyecto que les permitirá ampliar sus conocimientos en el campo de la IA aplicada a la sustentabilidad.

DESARROLLO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Actividad 1. Creación de animación sobre los objetivos de desarrollo sostenible a nivel global

Las Naciones Unidas es una organización en la que los países trabajan juntos para hacer del mundo un lugar mejor. En este proyecto, crearás una **animación** sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible a nivel global que se centran en el medio ambiente.

Los cinco objetivos centrados en el medio ambiente son:

- Energía **asequible** y limpia.
- Producción y consumo responsable.
- Acción climática.
- Vida debajo del agua.
- Vida en la Tierra.

El propósito de esta actividad es que, a través de la programación en un lenguaje como Scratch®, que se basa en principios de la IA, el participante identifique aplicaciones que ayuden a fomentar la sustentabilidad a nivel global.

Pregunta de investigación

¿La IA puede ayudar a fomentar los objetivos de desarrollo sostenible a nivel global?

Objetivo

Integrar la IA para fomentar los objetivos de desarrollo sostenible a nivel global mediante la programación gráfica.

Materiales

Hardware

- Una computadora o tableta capaz de ejecutar **Scratch 3**.

Software

- **Scratch 3** (ya sea en línea o fuera de línea).

https://scratch.mit.edu/ (en línea).
https://scratch.mit.edu/download (fuera de línea).

Lo que debes saber

Scratch® es un programa creado por el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), diseñado para hacer fácil el iniciarse en el mundo de la programación. Es útil para crear historias interactivas mediante bloque, similar a cuando se arma un rompecabezas.

Para este programa se utilizaron principios de IA para sugerir los bloques más adecuados para las acciones que está realizando el programador. El programa da la opción de utilizarlo en línea o descargarlo para su instalación en la computadora personal, laptop o tableta electrónica.

Lo que se aprenderá en esta actividad es lo siguiente:

- Usar bloques de transmisión para controlar una secuencia de animación. Nos permitirán dar un mensaje mediante una secuencia de imágenes a la que le daremos el orden lógico.
- Emplear bloques de movimiento, apariencia y operadores para crear acción de ***sprites*** con el sonido que lo acompaña.
- Describir los Objetivos de Desarrollo Sostenible a nivel global que se centran en el medio ambiente.

Se realizará la programación del movimiento de la imagen del perro Tom, el personaje principal de nuestra animación; este dará la secuencia para que entren en acción las demás imágenes como la del gato Botas, el pato Jacinto y los demás personajes de nuestra animación para que tengan una interacción lógica y amena.

Sprite: Ees el nombre que se le da a un objeto o imagen (personaje) en el programa Scratch®. Por ejemplo, el personaje principal de nuestro programa es el perro Tom.

Cambio de idioma en el programa: para poder cambiar el idioma en el programa se debe dar clic sobre el icono de «Cambio de idioma», señalado en la **Figura 1**.

Entorno del programa: antes empezar a **programar** en Scratch®, se debe conocer el entorno. A continuación, empezaremos con el icono de «*Choose Sprite*», que se muestra en la **Figura 2**. Al dar clic sobre este botón, se presentará una ventana donde se escoge el nuevo *sprite* o personaje de la animación (Ver **Figura 3**).

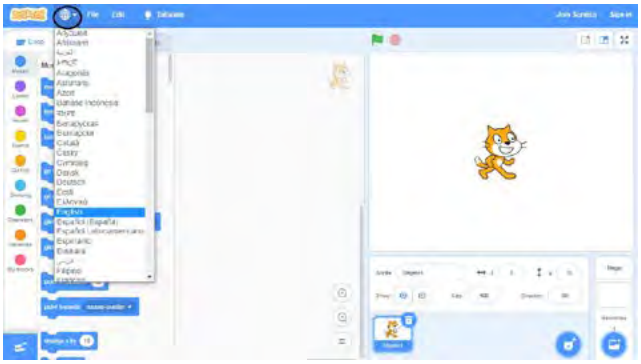


Figura 1. Cambio de idioma (Fuente: Scratch®).

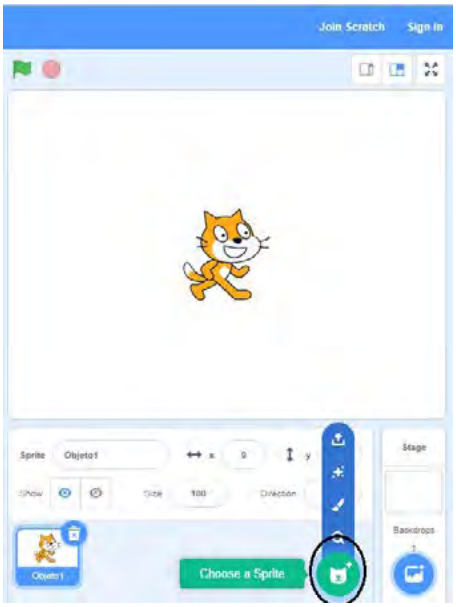


Figura 2. Cambio de *sprite* (Fuente: Scratch®).

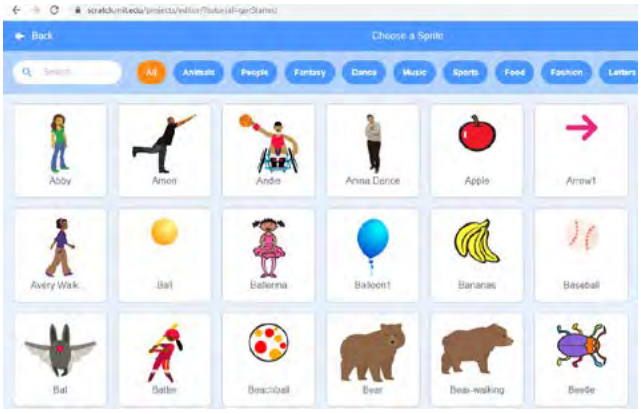


Figura 3. Seleccionar *sprite* (Fuente: Scratch®).

Para escoger el fondo que acompañará a nuestro *sprite* o personaje, seleccionar el icono «*Choose a Backdrop*», como se muestra en la **Figura 4**. A continuación, se presentará una ventana donde se escoge el nuevo fondo de la escena (Ver **Figura 5**).

Figura 4. Cambio de fondo (Fuente: Scratch®).

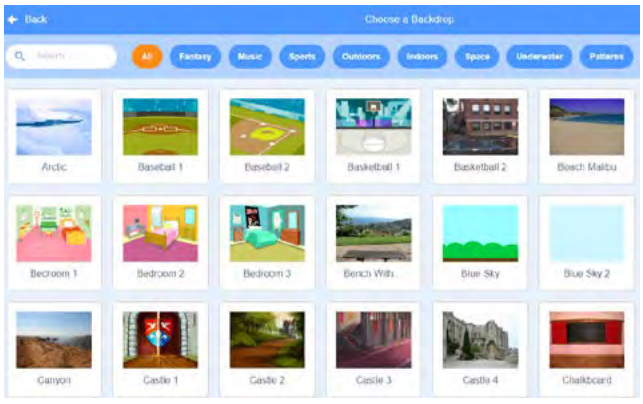


Figura 5. Ventana para seleccionar el fondo (Fuente: Scratch®).

Para escoger el sonido que acompañará a la escena, seleccionar la pestaña «*Sound*» (ver **Figura 6**). Después, seleccionar la opción «*Choose a sound*» (ver **Figura 7**); ahí se visualizará una ventana con las opciones de sonido, como se muestra en la **Figura 8**.

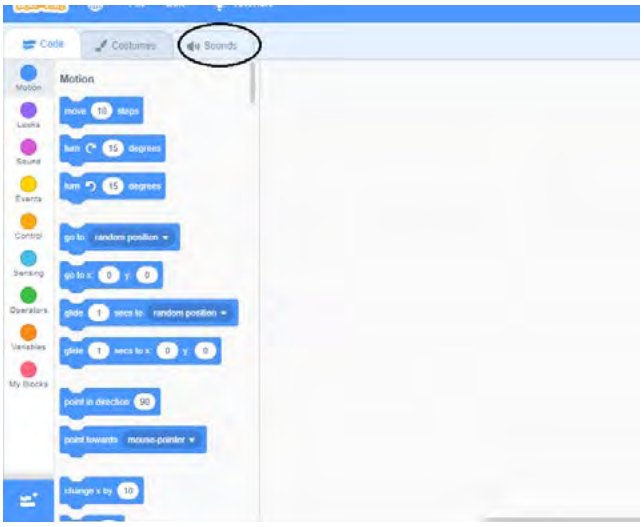


Figura 6. Pestaña de sonido (Fuente: Scratch®).

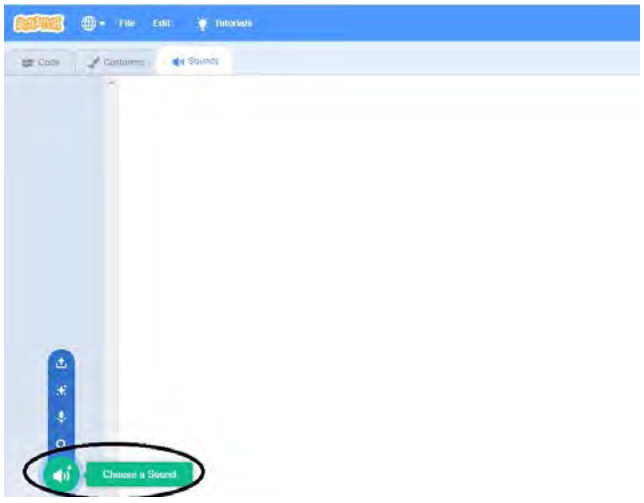


Figura 7. Agregar sonido (Fuente: Scratch®).

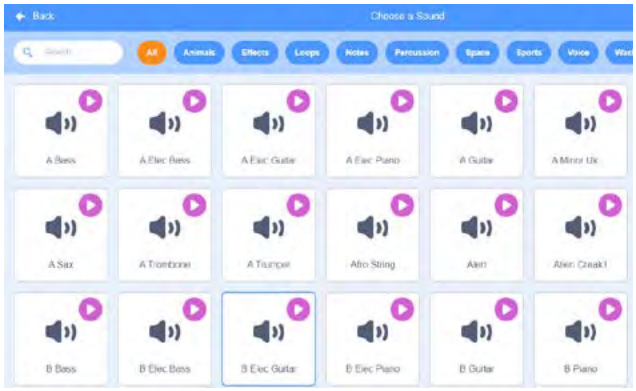


Figura 8. Escoger sonido (Fuente: Scratch®).

Desarrollo

Recorrido de los Objetivos de Desarrollo Sostenible a Nivel Global.

Como primer paso, escoger el *sprite* del perro Tom dando clic derecho sobre la opción «*Choose a Sprite*», como aparece en la **Figura 9**.

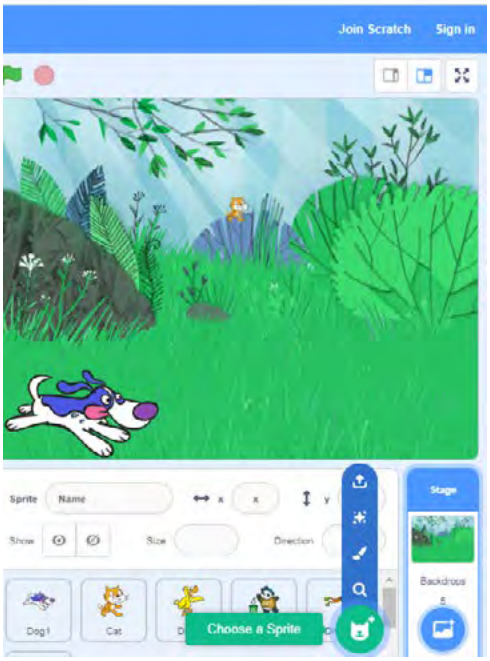


Figura 9. Escogiendo al perro Tom (Fuente: Scratch®).

Aparece una ventana con varias opciones de *sprite* y se debe de escoger el *sprite* «Dog 1», como se muestra en la **Figura 10**.

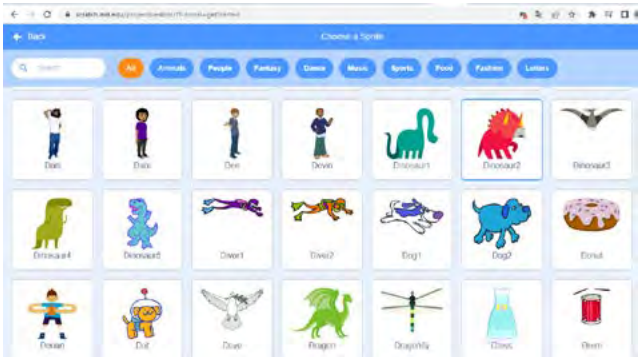


Figura 10. Los *sprite* del programa (Fuente: Scratch®).

Agregar un fondo para el primer **guion** del *sprite* «Dog 1» perro Tom. El primer fondo de guion es llamado «Acción climática»; se muestra en la **Figura 11** (ver sección **Lo que debes de saber**).

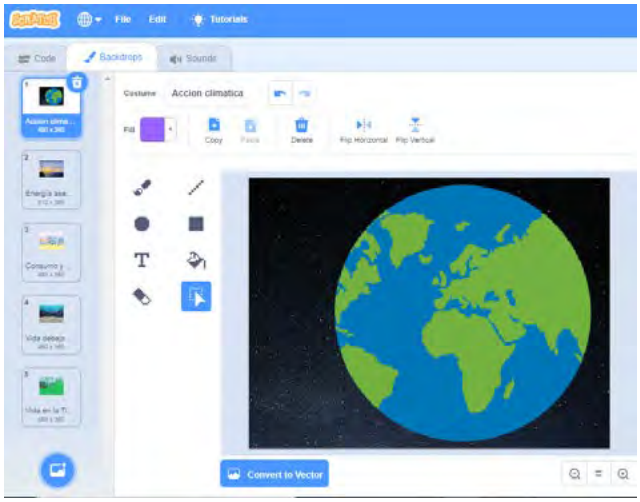


Figura 11. *Backdrops* en Scratch® (Fuente: Scratch®).

Agregar sonidos para el primer guion. El sonido se agrega en la pestaña «*Sound*»; escoger la opción «*Choose sound*» en la parte de debajo de la pestaña, como se muestra en la **Figura 12** (ver sección **Lo que debes de saber**).

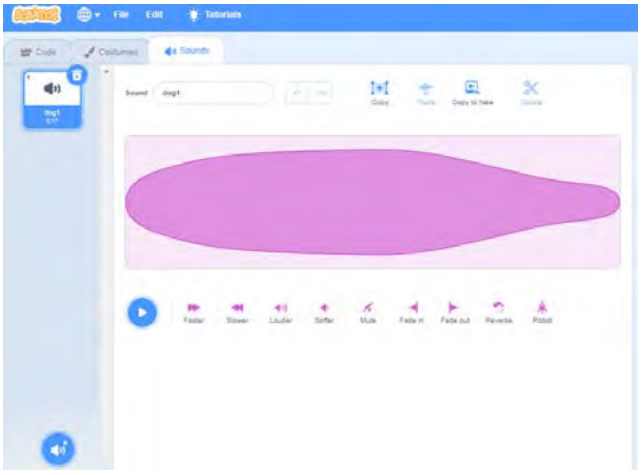


Figura 12. Agregar sonido en Scratch® (Fuente: Scratch®).

1. Agregar la secuencia de la animación para el *sprite* del perro Tom. En el lado izquierdo de la pantalla de Scratch® están las diferentes opciones de programación.

Para el manejo de movimiento utilizar los bloques «*Motion*», para el manejo de los sonidos utilizar los bloques «*Sound*» y para dar una secuencia de la animación utilizar los bloques «*Events*». Estas pestañas se marcan con circulo en la **Figura 13**.

Figura 13. Bloques de programación **«***Motion***»**, **«***Sound***»** y **«***Events***»** (Fuente: Scratch®).

Para el manejo de control de acciones utilizar los bloques «*Control*», para el manejo de preguntas y otras acciones, utilizar los bloques «*Sensing*», y para aplicar operadores lógicos utilizar los bloques «*Operators*»; todo esto se muestra en la **Figura 14**.

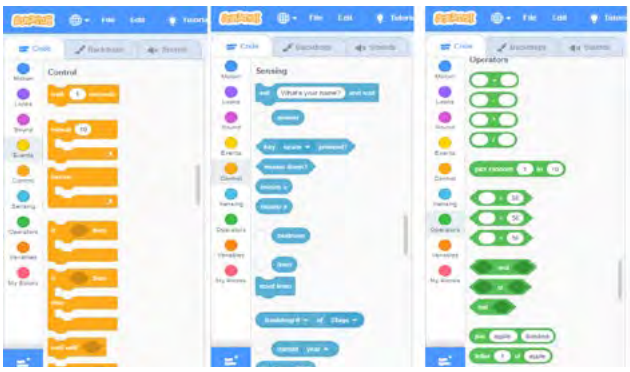


Figura 14. Bloques de programación «*Control*», «*Sensing*» y «*Operators*» (Fuente: Scratch®).

La secuencia para el *sprite* del perro Tom será la siguiente: caminará desde el lado izquierdo del escenario hacia el derecho. Luego cambia el fondo y transmitirá un mensaje para que todos los *sprites* (personajes) sepan cuando cambiar el fondo. La imagen se convertirá en nuestro *sprite* principal. El entorno de nuestra primera escena se muestra en la **Figura 15**.

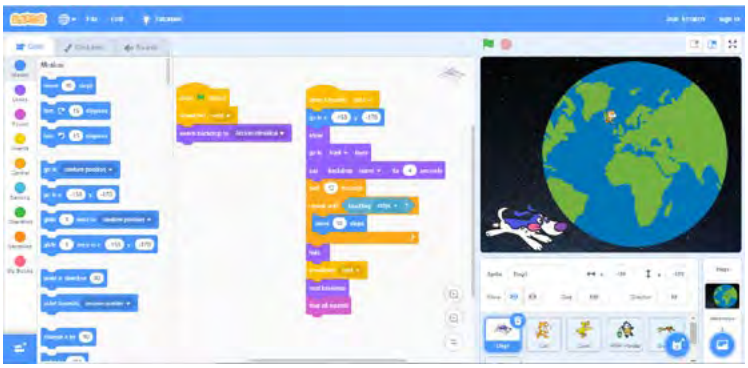


Figura 15. *Sprite* de perro Tom (Fuente: Scratch®).

En el primer *script* se configura la secuencia de animación. El *sprite* «Dog 1» transmitirá un mensaje a los *sprites*. Para crear el primer guion, seleccionar los bloques que se muestran a continuación en la **Figura 16**.

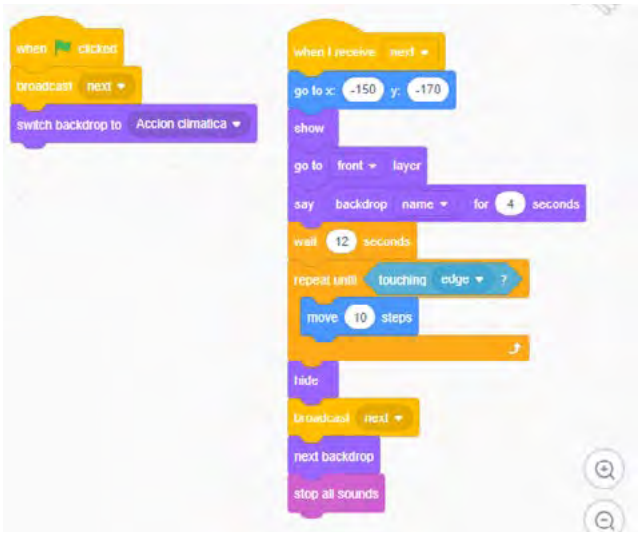


Figura 16. Código de programación para *sprite* «Dog 1» perro Tom (Fuente: Scratch®).

2. En este paso programaremos el *sprite* del gato Botas para explicar el Objetivo de Acción Climática de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas. El gato Botas contará con una acción, un sonido y un entorno específico como se muestra en la **Figura 17**. Para agregar el *sprite*, el fondo y el sonido respectivo, ver la sección **Lo que debes de saber**. La programación dará la secuencia al *sprite* del gato Botas.

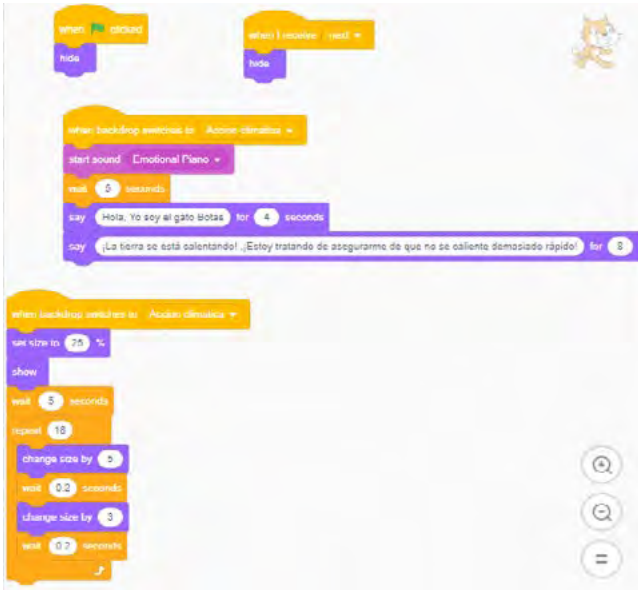


Figura 17. Código de programación para *sprite* «*Cat*», gato Botas (Fuente: Scratch®).

En este paso programaremos el *sprite* «*Duck*», del pato Jacinto. Él explicará representará al Objetivo de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, Energía limpia y asequible, con una acción, un sonido y un entorno específicos. En la **Figura 18** se muestra el código para el *sprite*. Para agregar el *sprite*, el fondo y el sonido respectivo, ver la sección **Lo que debes de saber**. La programación dará la secuencia al *sprite* «Duck», del pato Jacinto.

Ir a la pestaña «Código» para el *sprite* «RRRR Panda», del panda Bao Bao.

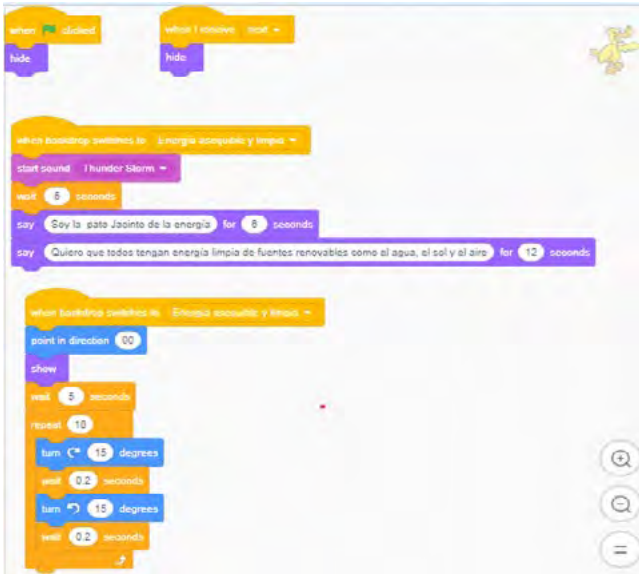


Figura 18. Código de programación para *sprite* «*Duck*», pato Jacinto (Fuente: Scratch®).

El código que se muestra en la **Figura 19** incluye música y texto que explica el objetivo de «Producción y consumo responsable», así como un guion que hace que el *sprite* del panda Bao Bao muestre el objetivo. Para agregar el *sprite*, el fondo y el sonido respectivo, ver la sección **Lo que debes de saber**. La programación dará la secuencia al *sprite* «RRRR Panda», del panda Bao Bao.

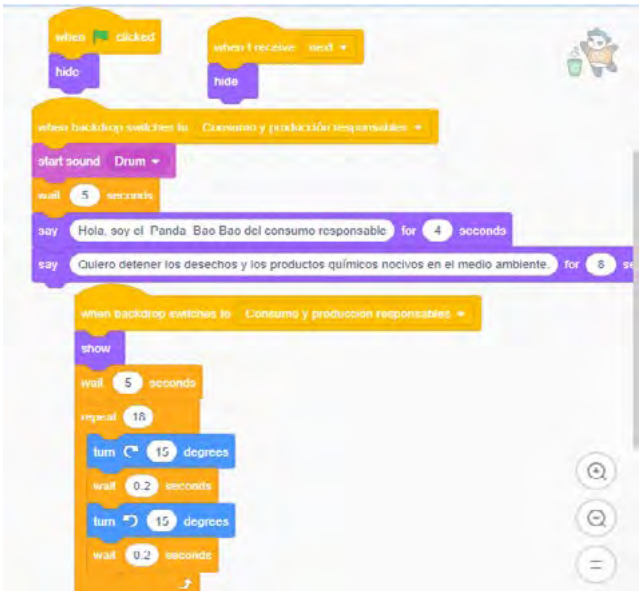


Figura 19. Código de programación para *sprite* «RRRR Panda», panda Bao Bao (Fuente: Scratch®).

3. Ir a la pestaña «Código» para el sprite «Diver2», del buzo José. El código incluye música y texto que explica el objetivo de «Protección de la vida bajo el agua», así como un guion que hace que el sprite del buzo José muestre el objetivo. La **Figura 20** muestra el código para el buzo José. Para agregar el *sprite*, el fondo y sonido respectivo, ver la sección **Lo que debes de saber**. La programación dará la secuencia al *sprite* «Diver2», del buzo José.

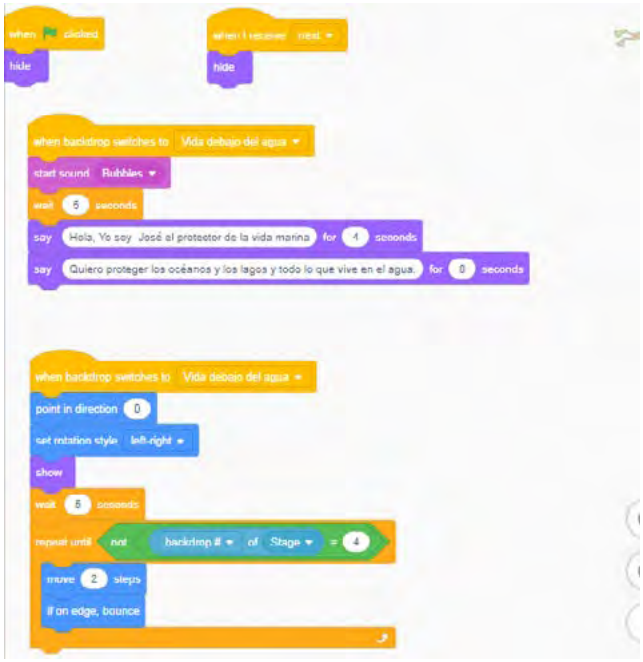


Figura 20. Código de programación para *sprite* «Diver2», buzo José (Fuente: Scratch®).

4. Ir a la pestaña «Código» para el *sprite* «*Frog*», la ranita Lizz.

Este contiene el código para responder al Objetivo de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, «Vida en la tierra», con una acción, un sonido y un escenario específico. La **Figura 21** muestra el código para el personaje de la ranita Lizz. Para agregar el *sprite*, el fondo y sonido respectivo, ver la sección **Lo que debes de saber**. La programación dará la secuencia al *sprite* «*Frog*», la ranita Lizz.

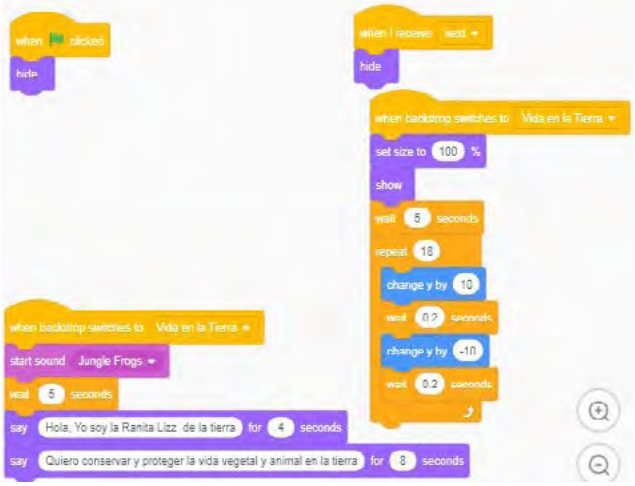


Figura 21. Código de programación para *sprite* «*Frog*», eanita Lizz (Fuente: Scratch®).

El resultado final de nuestro trabajo es lo que podemos ver a continuación: la programación de los 6 *sprites* que incluyen movimiento, sonido y mensajes, que nos ayudan a conocer los 5 Objetivos de Desarrollo Sostenible a nivel global que se centran en el medio ambiente.

La **Figura 22** muestra el resultado final de nuestra programación. Si presionas la bandera de color verde, comenzará nuestra animación.

Al darle clic en la bandera verde, la animación comenzará a correr y nos llevará por una historia que nos muestra los 5 objetivos de sustentabilidad.

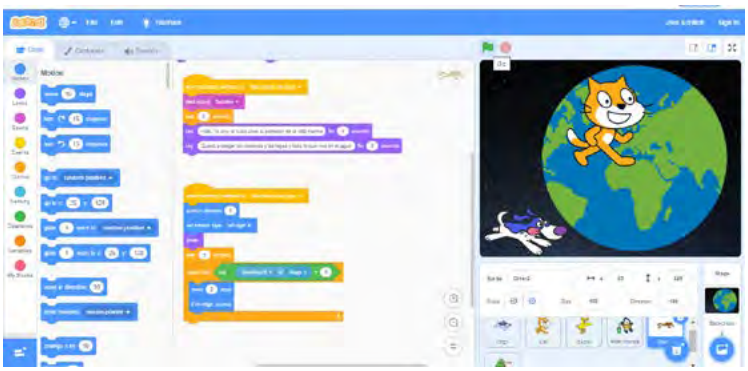


Figura 22. Animación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible a nivel global. (Fuente: Scratch®).

CONCLUSIÓN GENERAL

Tal como hemos podido ver en el desarrollo de las actividades, el uso del programa Scratch® nos permite realizar un algoritmo que corre una animación que ayuda a presentar los Objetivos de Desarrollo Sostenible a nivel global. Esto es una forma de utilizar la IA para lo promoción de la sustentabilidad y concientizar a la población acerca de lo importante que es la protección de la vida en la Tierra, la vida bajo el agua, el uso de energía limpia, la producción, consumo responsable y la acción climática para mitigar el cambio climático que venimos sufriendo en los últimos años.

Es importante integrar las nuevas tendencias de tecnología para promover la sustentabilidad, como lo es la IA utilizada para la divulgación de objetivos globales de mitigación de cambio climático. El resultado de este trabajo es una animación interactiva que presenta un mensaje importante de cada objetivo. Se invita a seguir profundizando en este tema y a encontrar otras formas de mostrar mensajes de concientización para el público en general.

SOBRE LOS AUTORES

El **Dr. Luis Orlando Polanco Vásquez** es Técnico Titular A de la Unidad de Energía Renovable, desempeñándose en el Laboratorio de Sistemas Híbridos y Síntesis y Catálisis del CICY. Es ingeniero electricista de la Universidad de San Carlos, de Guatemala, y doctor en Ciencias (Energía Renovable) del CICY. Desarrolla trabajos en el área de síntesis y catálisis, además del área de sistema híbridos. «Yo a tu edad me interesé mucho por las computadoras y la sustentabilidad. Descubrí que quería especializarme en esta área».

El **Dr. Víctor Manuel Ramírez Rivera** es investigador del área de sistemas híbridos en la Unidad de Energía Renovable del CICY. Estudió una ingeniería eléctrica en el Instituto Tecnológico de Puebla (ITP), una maestría en Mecatrónica en el CINVESTAV, y un doctorado en Física por la Université Paris Sud 11, SUPELEC. Actualmente realiza el proyecto de diseño, construcción e implementación de un vehículo submarino autónomo alimentado por energías renovables. «Yo a tu edad me interesaba mucho por los robots y descubrí que quería aprender mucho sobre este tema; así que me especialicé en esta área».

GLOSARIO

Algoritmo: conjunto ordenado y finito de operaciones que permite hallar la solución de un problema.

Animación: figuras animadas, sistema para desarrollar los movimientos de los personajes o de los objetos y elementos.

Asequible: que puede conseguirse o alcanzarse.

***Backdrops*:** son imágenes que utilizan de fondo en el programa Scratch®.

Guion: es la secuencia que se les da a los *sprites* en el programa Scratch®.

Programar: elaborar programas para su empleo en computadoras.

Sistemas de energía híbrida: son aquellos que generan electricidad a partir de dos o más fuentes, generalmente de origen renovable, compartiendo un mismo punto de conexión.

***Sprite*:** en gráficos por computadora, es un mapa de bits bidimensional que se integra en una escena más grande, con mayor frecuencia en un programa 2D, por ejemplo, Scratch®.

Sustentable: es hacer un uso correcto de los recursos actuales sin comprometer los de las generaciones futuras.

REFERENCIAS

B12 Admark. (2019). *¿Qué es el Test de Turing?* Consultado en septiembre de 2022. https://agenciab12.mx/noticia/que-es-test-de-turing

Code Intef. (2019). *Inteligencia artificial en el aula con Scratch 3.0*. https://code.intef.es/prop_didacticas/inteligencia-artificial-en-el-aula-con-scratch-3-0/

Mora Castro, J. L. (2016). *La evolución de la Inteligencia Artificial*. Mundo Contact. https://mundocontact.com/la-evolucion-de-la-inteligencia-artificial/

Structuralia. (s.f.). Data mining, machine learning and Deep learning.

6P

Alebrijes Zooplanktásticos

Biól. Gabriela Pineda-García

Ing. Amb. Adriana Hernández-Pérez

Dr. Jesús Alvarado-Flores

Unidad de Ciencias del Agua

Descripción

Los y las estudiantes aprenderán sobre los principales microorganismos que habitan en el agua de los sistemas kársticos de la península de Yucatán.

Se trata del grupo denominado zooplancton, cuyo significado es «animales errantes»; son clasificados como rotíferos, cladóceros, ostrácodos y copépodos. Sus nombres están basados en sus estructuras y formas.

El zooplancton es importante para la salud de los ecosistemas y la transferencia de nutrientes. ¡Son fantásticos! Por ello, la principal actividad del proyecto es realizar un Alebrije Zooplanktástico, fusionando nuestra cultura con las Ciencias del Agua y aprendiendo formas de cuerpos de especies de zooplancton.

Objetivo

Tener nociones sobre la diversidad de las formas de especies de zooplancton y su importancia en los ecosistemas acuáticos kársticos a través de actividades que fomenten su imaginación y un pensamiento crítico.

Materia afín

- Biología.
- Artes.
- Conocimientos regionales.
- Dinámica de la naturaleza.
- Los seres vivos y su diversidad.
- Conservación del medio ambiente.
- Investigación en las ciencias naturales.
- Mi expresión física y artística.

¿Qué vas a aprender?

Aprenderás los fundamentos básicos sobre cómo nombrar un microorganismo.

- Podrás identificar y clasificar diversos grupos de microorganismos acuáticos.
- Entenderás el valor cultural de los alebrijes.

Preguntas iniciales

- ¿Cuántos microorganismos existen en el agua?
- ¿Por qué sus formas son tan fantásticas?
- ¿Cuál es su importancia en el medio ambiente?

PANORAMA GENERAL DEL TEMA

En nuestro entorno podemos ver diferentes tipos de **ecosistemas** y especies que habitan en él, como árboles, insectos, aves y peces en el agua. Pero te has preguntado, ¿qué otras especies viven alrededor?

A pesar de ser casi imperceptibles por nuestra vista, sí las hay y existen en todos los ecosistemas. Estos son los llamados **microorganismos**, que forman parte importante de nuestra vida ya que su función biológica ayuda a mantener un ecosistema saludable.

Viven en el agua y existen muchas variedades de especies. En esta ocasión nuestro objetivo es enfocarnos en un grupo muy importante: el **zooplancton**, principalmente en los rotíferos y crustáceos, como se muestra en la **Figura 1** (Conde Porcuna et al., 2004). Estos microorganismos los encontramos en el agua dulce y salada, incluso en la mezcla de dulce y salada, es decir, en el agua salobre. Están en todos lados donde este el agua (Martínez-García et al., 2015).

Aquí te damos un dato científico, pero no aburrido sino para presumir con tus amigos: el zooplancton se caracteriza por ser un grupo heterótrofo en el que podemos encontrar microorganismos (rotíferos, copépodos, oligoquetos) caníbales, carnívoros, herbívoros y omnívoros; algunos se mantienen en simbiosis con algas y otros son parásitos (Porto y Gardey, 2016).

Además, te contamos un dato más para tus familiares o tu ¡*crush*! ¿Sabías que existen más de 7465 especies diferentes de zooplancton en todo el mundo? ¿Y de las cuales, 2031 especies son rotíferos, 620 son cladóceros, 284 son copépodos y 2000 ostrácodos? Espera un momento, reflexionando sobre ello, ¿cuántas combinaciones o alebrijes puedes hacer? ¡Qué dolor de cabeza! Estamos seguros de que tú podrás resolverlo...

Dejando de lado el pensamiento abstracto, ¿ya habías visto o imaginado algunos de ellos? Supongo que sí, ya sea en documentales, libros, en tus clases de Biología o usando un microscopio.

Observa con detalle las microfotografías de zooplancton de la **Figura 1**. ¿Ya notaste una de sus particularidades extraordinarias, que incluso nos gusta denominarlas «estructuras zooplanktásticas»? Analiza muy bien.

¡Son estructuras morfológicas! Formas muy diversas, que, de hecho, parecen de ciencia ficción: coronas ciliares y patas con garras. Imagina el movimiento caótico y turbulento que tienen que hacer para alimentarse, escapar o esconderse en donde viven. Sus formas nos inspiran y hacen volar nuestra imaginación. ¡Inspírate en ellos!

¿Recuerdas la película de ciencia ficción y terror titulada *Alien*, dirigida por Ridley Scott y estrenada en 1979? El personaje del Alien lo basaron en una especie acuática llamada tiburón duende (su nombre científico es: *Mitsukurina owstoni*).

Aguarda... eres muy joven para recordarlo, pero tus maestros y maestras, es muy seguro que sí vieron la película. ¿Sentiste escalofríos o la piel chinita? ¡Nosotros sí!

Si percibes ese ambiente de inspiración a tu alrededor, es porque en tu interior lo has reflexionado y lo sabes, ¡tú podrías ser el

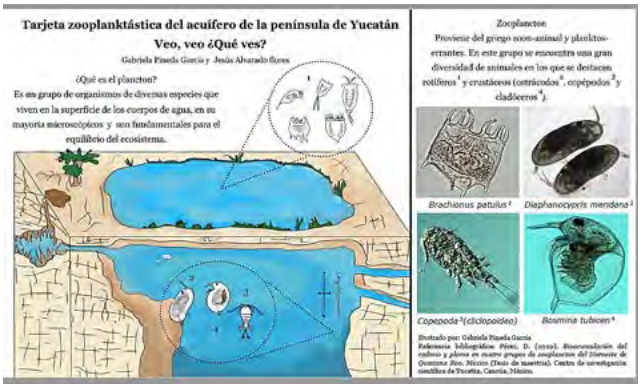


Figura 1. Zooplancton presente en los cenotes de la península de Yucatán.

siguiente creador de personajes de ciencia ficción, basado en Alebrijes Zooplanktásticos!

Tu imaginación y su potencial es alimentado con el conocimiento que adquieres día a día. Aprendes descubriendo y eso ocurrió hace muchos años con la invención del microscopio; desde entonces logramos abrir un portal a lo desconocido, que nos enseñó lo grandioso de los microorganismos. La humanidad y nuestras culturas tomaron la naturaleza, el medio ambiente, la flora y fauna para hacer criaturas místicas expresándolas en artesanías que ahora forman parte de nuestro folclor cultural. Nos referimos a los famosos alebrijes, que no tienen una forma definida, pero que están compuestos de diferentes partes de animales.

Entre los materiales que se ocupan para su elaboración está el papel periódico, cartón, madera y diversos tipos de resinas, entre otros (Rosas, 2014). Se caracterizan por los múltiples colores que los acompañan; cada una de estas creaciones son únicas y diferentes y su expresión será según las emociones y el sentir del artesano.

Nuestros antepasados, en específico de la cultura zapoteca, creían que al nacer cada ser humano viene acompañado de un animal que lo guiará en su vida. Estos guías se conocen como *nahual* o alebrijes (Ochoa, 2020).

NOTA
Los alebrijes son criaturas imaginarias consideradas como símbolos de buena suerte y que, en el arte tradicional mexicano, se piensa que regalar uno de estos seres ayuda a ahuyentar a los espíritus malos de los hogares (Ochoa, 2020).

¡Muy interesante, cierto! Hay 7753 miles de millones de habitantes en el mundo (en el año 2020), lo que significa que hay miles de millones de animales en el mundo y solo se han descubierto 7456 especies de zooplancton. Te pregunto ahora, ¿quieres tener un microorganismo como guía espiritual? ¡Nosotros sí! Existen pocos, apresúrate a tener tu Alebrije Zooplanktástico.

PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

El zooplancton se define como organismos que nadan en el agua. Su nado es vertical, horizontal, y sus formas y estructuras les permiten desplazarse libremente; miden entre 0.5 mm hasta 5 mm. Su rol en el agua, en los ecosistemas acuáticos, es importante: Por ejemplo, los copépodos pueden ser carnívoros, herbívoros y omnívoros, ayudando a controlar poblaciones de mosquitos; mientras que los cladóceros y ostrácodos son consumidores secundarios. Por lo tanto, son un eslabón en las cadenas tróficas, junto a los rotíferos consumidores primarios, los cuales ayudan a transferir la energía en las redes tróficas al consumir fitoplancton (microalgas, autótrofos productores primarios).

Te invito a revisar el siguiente canal de YouTube, donde podrás ver todos estos bichos extraordinarios: *Journey to the Microcosmos* (https://www.youtube.com/c/microcosmos).

¿Fuiste a ver el canal? Seguro quedaste atrapado o atrapada en un multiverso microscópico. También puedes verlos en la **Figura 2** en la Actividad 1, que hemos llamado «Tablero de especies de zooplancton de la península de Yucatán», y también puedes ver una vez más la **Figura 1** y jugar «¡Veo! ¡Veo! ¿Qué ves?».

DESARROLLO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Actividad 1. Nombre científico

Pregunta de investigación

¿Cómo se asigna el nombre a un microorganismo?

Objetivo

Aprender a reconocer formas y nombres, así como asignarles un nombre Zooplanktástico, en este caso a tu alebrije.

Materiales

- Hoja de papel.
- Colores.
- Plumón.
- Lápiz.
- Goma (borrador).
- Sacapuntas.
- Mucha imaginación.

Desarrollo

Toma varias hojas de papel, lápiz, colores y plumones, y prepárate para ilustrar y escribir con base en lo siguiente:

Cada microorganismo tiene un nombre científico asignado por su descubridor, basándose en reglas. La finalidad del tener un nombre es para su identificación, clasificación y, por lo tanto, para situarlo en los grupos existentes y no tener un revoltijo en la ciencia. Como regla general, tiene un género y una especie, como puedes ver en la **Figura 2** algunos ejemplos.

El nombre está en latín. Uno de los primeros acuerdos para nombrar una especie es ¡usar el latín! El nombre científico siempre va en *cursiva* o en **negritas**.

¡Sencillo! La verdad sí, pero siendo honestos ¡no! Tiene su orden y complejidad. ¡No hay que asustarnos!

Como dato histórico relacionado al proyecto, te contamos lo siguiente:

¿**Sabías que** Carlos Linneo, en 1753, creó los pasos a seguir (nomenclatura binomial) para asignar a cada especie un nombre único, el cual conocemos hoy como nombre científico? (Morales et al., 2014).

Tablero de especies de zooplancton de la península de Yucatán

	Grupo	Genero	Especie
A	Ostrácoda	*Diaphanocrypris*	*meridana*
B	Ostrácoda	*Cypridopsis*	*vidua*
C	Cladócera	*Ceriodaphnia*	*cornuta*
D	Cladócera	*Macrothrix*	*triserialis*
E	Cladócera	*Bosmina*	*tubicen*
F	Rotifera	*Machochaetus*	*collinsi*
G	Rotifera	*Brachionus*	*ibericus*
H	Rotifera	*Lecane*	*bulla*
I	Copépoda	*Halicyclops*	*sp*
J	Copépoda	*Epactophanes*	*richardi*
K	Copépoda	*Remaneicaris*	*siankaan*

Fotografías A-H proyecto CONACYT #2944.
Fotografías I, J y K tomadas de Mercado-Salas NF, Khodami S, Martínez Arbizu P (2021) Copepods and ostracods associated with bromeliads in the Yucatán Peninsula, Mexico. PLoS ONE 16(3): e0248863.

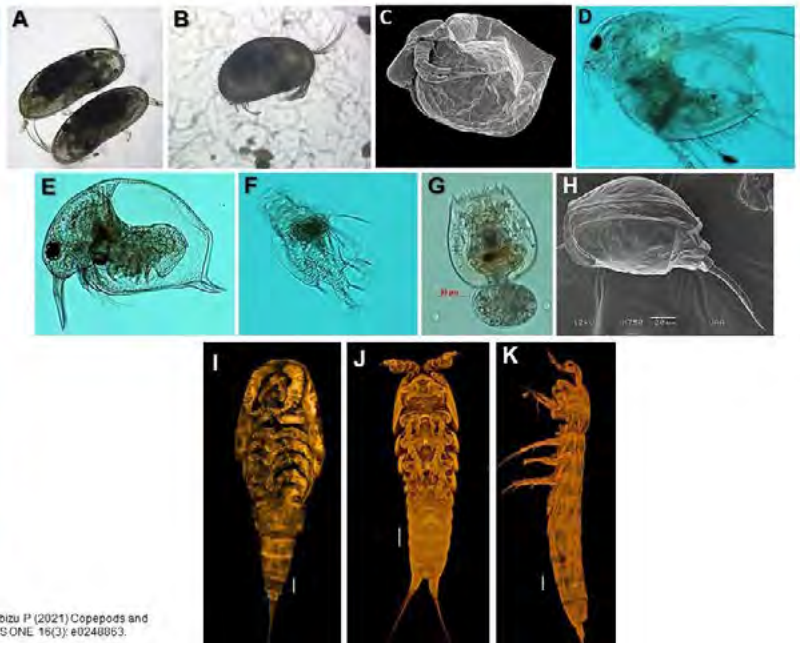


Figura 2. Ejemplos de especies de microorganismos que son considerados zooplancton de los grupos Rotifera, Ostrácoda, Cladócera y Copépoda (**Tablero de especies**).

Hemos creado las siguientes reglas para poder nombrar a nuestros Alebrijes Zooplanktásticos, mezclando las formas y estructuras de las especies que vemos en el **Tablero de especies**.

1. Elige, como mínimo, dos cuerpos de especímenes del Tablero de especies de zooplancton de la península de Yucatán, para crear un Alebrije Zooplanktástico.

2. Recuerda que puedes incluir los caracteres taxonómicos, estructuras especializadas y ornamentaciones. Imagínalo usando como guía las figuras de las especies de zooplancton; observa la **Figura 3**.

3. Para asignarle el nombre científico a tu Alebrije Zooplanktástico, hazlo de la siguiente manera:

    a. El nombre se inicia con el género de la especie que elegiste, como cuerpo base de tu Alebrije Zooplanktástico. Si mezclas dos cuerpos bases o más, debes colocar las letras «**cf**», que significan «**con forma de**», para adicionar otro género.

    b. Ejemplo: *Macrothrix* **cf** *Ceriodaphnia*; usé dos cuerpos de las fotos C y D del tablero de especies de zooplancton.

    c. Después adiciona las palabras que corresponden a la especie del cuerpo base de tu Alebrije Zooplanktástico.

    Ejemplo: *Macrothrix* cf *Ceriodaphnia* ***cornuta*** (nombre de la especie).

    d. Si usas más estructuras de otras especies debes usar la palabra «**var**», que significa «**variedad**».

    Ejemplo: *Macrothrix* cf *Ceriodaphnia cornuta* **var** *tubicen*.

    e. Si utilizas estructuras y cuerpos del mismo grupo al final del nombre de tu Alebrije Zooplanktástico, coloca las palabras «**sensu stricto**», que significa «**sentido estricto**».

    Ejemplo: *Macrothrix* cf *Ceriodaphnia cornuta* var *tubicen* **sensu stricto.**

    f. Si utilizas estructuras y cuerpos de diferentes grupos al final del nombre de tu Alebrije Zooplanktástico, coloca las palabras «**sensu lato**», que significan «**amplio sentido**».

    Ejemplo: *Macrothrix* cf *Cypridopsis vidua* var *tubicen* **sensu lato.**

4. Con un plumón indeleble coloca a tu boceto el nombre del Alebrije Zooplanktástico, la fecha de creación, el nombre del creador y la institución de procedencia. Tómale una fotografía digital en fondo blanco o negro, y guarda la imagen en JPG. Envíala al correo: jesus.alvarado@cicy.mx para formar parte de la colección de Alebrijes Zooplanktásticos del CICY. Como se observa en la **Figura 3.**

NOTA:
Es recomendable realizar varios dibujos (bocetos) para escoger el que más se adapte a ti, a tu forma de ser y, sobre todo, el que más te guste. La palabra **«sp»** en la **Figura 2** significa que no se ha identificado la especie.

Figura 3. Dibujos de Alebrijes Zooplanktásticos realizados por estudiantes de la edición Talento CICY 2021.

Lo que debes saber

Entonces, ¿es difícil ponerle un nombre a un Alebrije Zooplanktástico? En mi opinión ¡es dificilísimo!, pero muy divertido. Todos los taxónomos y las taxónomas deben cumplir con estas reglas, a las que habría que sumarle más existentes.

Conclusión

Lograste crear un boceto de cómo quedará tu Alebrije Zooplanktástico. Ahora es necesario darle forma, pintarlo y dejarlo listo para que puedas fotografiarlo, regalarlo, incluso coleccionarlo y mostrarlo a tus compañeros de clase o a tu *crush*.

Actividad 2. Alebrije Zooplanktástico de porcelana fría

Pregunta de investigación

¿Cómo son las formas estructurales de un microorganismo?

Objetivo

Construir un Alebrije Zooplanktástico a partir de las formas y estructuras morfológicas de especies de zooplancton de la **Figura 2** (Tablero de especies), usando para ello porcelana fría.

Materiales

- Una taza de fécula de maíz.
- Una taza de pegamento blanco escolar.
- Dos cucharadas de aceite para bebé.
- Una cucharada de vinagre.
- Tazón o recipiente para la mezcla.
- Taza medidora.
- Cuchara.
- Bolsa plástica.
- Pinturas de acuarela, acrílicas, comestible, etc.

Desarrollo

Paso 1
En un tazón coloca la fécula de maíz y el pegamento blanco escolar en partes iguales. Puedes utilizar una tasa medidora, como se muestra en la **Figura 4**.

Paso 2
Agrega dos cucharadas de aceite para bebé y una de vinagre. Mezcla todo por unos 3 a 5 minutos hasta generar una pasta suave

Figura 4. Mezcla de la fécula de maíz con el pegamento (dibujos de Gabriela Pineda García).

que no se pegue a tus manos y que genere picos cuando la estiras, como se observa en la **Figura 5**. Si la mezcla te queda muy aguada, agrega un poco más de fécula de maíz. De lo contrario, si queda muy seca, utiliza un poco más de pegamento. Antes de crear tus figuras, coloca en tus manos un poco de aceite para que sea mucho más fácil la manipulación; si durante el proceso se seca, solo añade un poco más de aceite. En este momento puedes añadir las pinturas acrílicas o esperar a que seque y pintarlo, como se observa en la **Figura 6**.

Figura 5. Mezclando todo (dibujos de Gabriela Pineda García).

Paso 3
Estás listo para moldear la forma de tu Alebrije Zooplanktástico con base en tu boceto. **¡Manos a la obra!**

Paso 4
Una vez completado, deja secar por lo menos 24 horas hasta que esté firme. Decóralo y agrega la ficha técnica del Alebrije Zooplanktástico que creaste previamente. Observa la **Figura 6**, que son algunos ejemplos de cómo se verían.

Figura 6. Pintando tu Alebrije Zooplanktástico (fotografías de Gabriela Pineda García).

Aprovechamos este espacio para agradecer a las y los estudiantes de la Universidad del Caribe que estuvieron realizando estancias de prácticas profesionales y servicio social en el CICY, quienes se esforzaron en darles forma a estos Alebrijes Zooplanktásticos ¿Puedes superar su imaginación?

NOTA
Si te sobró porcelana y deseas guardarla, agrega un poco de aceite de bebé en la bolsa y espárcelo; esto hará que no se pegue y podrás mantenerla en el refrigerador durante máximo dos semanas.

Lo que debes saber

Se dice que los alebrijes fueron creados por el artesano Pedro Linares López en 1936. Fue cuando se encontraba enfermo y tuvo un sueño en el que se le aparecieron extrañas criaturas, las cuales gritaban: ¡alebrijes! A partir de ese momento, el artesano comenzó a realizarlas hasta que se volvieron parte importante de nuestra cultura (Rosas, 2014).

Conclusión

La porcelana fría tarda un poco en endurecer, puedes agregar algún soporte extra colocándole unos palillos de dientes a la estructura por dentro mientras esta blanda; una vez que endurece, quedará perfecta para pintar, decorar e incluso usarla de pisa papel personalizado, con una figura Zooplanktástica.

Actividad 3. Alebrije Zooplanktástico de papel

Pregunta de investigación

¿Cómo son las formas estructurales de un microorganismo?

Objetivo

Construir un Alebrije Zooplanktástico de papel, a partir de formas y estructuras morfológicas de especies de zooplancton del Tablero (**Figura 2**).

Materiales

- Periódico.
- Cinta adhesiva o cinta tipo *masking*.
- Engrudo.
- Pinturas de colores diferentes.
- Pinceles.
- Pocillo para hervir agua.
- Tijeras.
- Tenedor o globo de repostería.

Desarrollo

Paso 1. ¿Cómo se hace un engrudo?

En el siguiente procedimiento para la preparación del engrudo, se utilizaron cantidades pequeñas ideales para un Alebrije Zooplanktástico de tamaño entre 15 a 20 cm de largo (si se desea realizar uno de mayor tamaño, se deberán ajustar las cantidades).

1. Hervir un vaso de agua a fuego lento.
2. Colocar 4 cucharadas de harina en un recipiente.
3. Cuando el agua haya hervido, agregarla al recipiente que contiene la harina.
4. Con ayuda de un tenedor o un globo de repostería, se deberá homogeneizar la mezcla.
5. Colocar nuevamente la mezcla a fuego lento para lograr una consistencia espesa.
6. Cuando se haya conseguido la consistencia deseada, se procederá a dejar enfriar por aproximadamente 10 minutos.

Paso 2. ¿Cómo hacer un Alebrije Zooplanktástico de papel?

7. Previo a comenzar con el diseño de tu Alebrije Zooplanktástico, se deberá dibujar en una hoja la forma a realizar.
8. Corta pedazos de periódico en cuadros pequeños (de 2 cm x 2 cm, aproximadamente), como se observa en la **Figura 7**.

Figura 7. Materiales para utilizar en la elaboración del Alebrije Zooplanktástico y periódico cortado en cuadros pequeños (fotografía: Adriana Hernández Pérez).

Con otras dos hojas de papel periódico se realizará el cuerpo de nuestro Alebrije Zooplanktástico. Se deberá arrugar el papel hasta crear una base firme, la cual será envuelta en cinta *masking* para evitar que se rompa o que se pierda la figura.

Figura 8. Cuerpo del Alebrije Zooplanktástico, formado con papel periódico y envuelto en cinta *masking* (fotografía: Adriana Hernández Pérez).

9. Enrollaremos otras dos hojas de papel periódico para formar las partes del Alebrije Zooplanktástico. Serán envueltas con cinta *masking* para que estén firmes y sean adheridas al cuerpo del Alebrije Zooplanktástico, por medio de cintas pequeñas entre la base y la pieza, para posteriormente ser pegadas con el engrudo y las piezas de periódico de 2 cm x 2 cm, previamente recortadas.

Figura 9. Colocación de las primeras partes del Alebrije Zooplanktástico con cinta *masking* (fotografía: Adriana Hernández Pérez).

10. Una vez que la figura está formada y ha sido envuelta en cinta *masking*, se cubrirá toda la estructura con papel periódico que será adherido con el engrudo.

Figura 10. Se comienza a cubrir la estructura del Alebrije Zooplanktástico con papel periódico y, a su vez, se agregan las partes faltantes (fotografía: Adriana Hernández Pérez).

11. La estructura será colocada en el sol hasta lograr que el engrudo seque.

NOTAS

- Si al usar el engrudo, una vez que han transcurrido los 10 minutos aún se encuentra caliente, se deberá esperar más tiempo hasta que esté totalmente a temperatura ambiente o se pueda utilizar sin quemarse los dedos.
- No se deberá utilizar el engrudo en exceso. Solo cantidades pequeñas y necesarias para lograr pegar el papel periódico a la estructura creada de cinta masking, ya que costará más tiempo secarse.

12. Una vez que la estructura se encuentra totalmente seca, se procederá a colocar la primera capa de pintura; se recomienda utilizar una base blanca o negra.

13. Cuando la base haya secado, se podrá realizar el diseño deseado sobre el Alebrije Zooplanktástico.

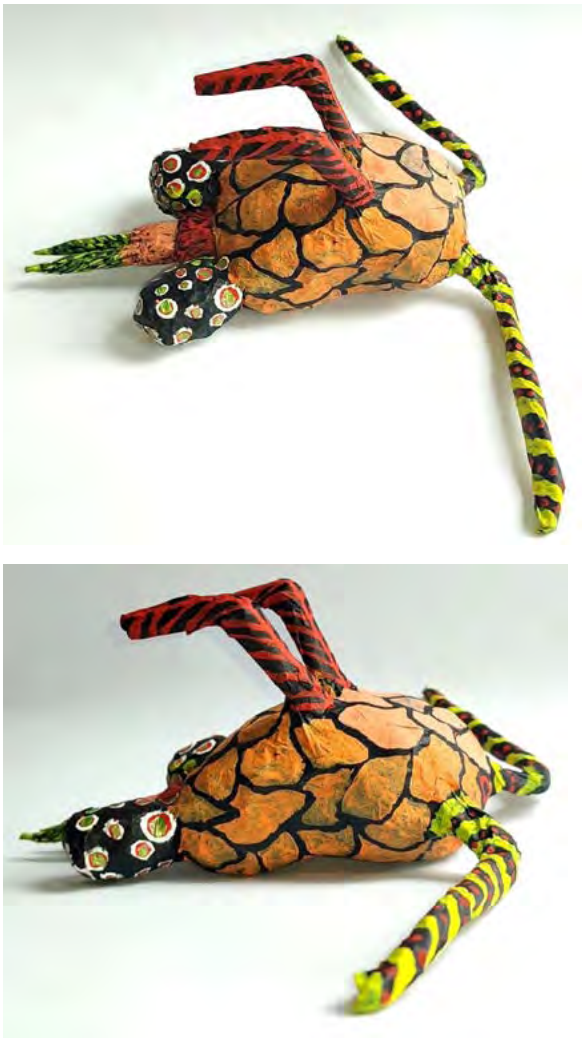


Figura 11. Resultado final del Alebrije Zooplanktástico (fotografía: Adriana Hernández Pérez). Su nombre es: *Cypridopsis richardi* var *cornuta collinsi* sensu lato.

Lo que debes saber

Si te gustaron las especies zooplanktásticas, debes saber que Anton van Leeuwenhook envió sus observaciones que hizo con su microscopio sobre los microorganismos y otras diminutas especies, a la *Royal Society* de Londres, la institución científica más importante del continente europeo. En el año de 1677, Anton fue el primero en observar microorganismos, mientras que, en 1936 (259 años después), el artesano Pedro Linares López creo a los alebrijes en México. Y nosotros, en el 2022, hemos creado a los Alebrijes Zooplanktásticos.

Conclusión

Los alebrijes de papel pueden tener tamaños más grandes y robustos, comparados con los de porcelana. Dale vuelo a tu imaginación y crea uno tan enorme que sea fantástico y sea el centro de atención de tu cuarto, escuela y la galería de arte urbano más cercana de tu vecindario.

CONCLUSIÓN GENERAL

Demasiados pasos, experimentos y revoltijos científicos para nombrar una figura, pero estoy seguro de que es un Alebrije Zooplanktástico. Ahora sabes que existen microorganismos llamados zooplancton y de ellos hay miles de especies en todo el mundo, que viven en el agua y son muy importantes para la salud de los ecosistemas acuáticos, de donde extraemos agua para beber, hacemos actividades recreativas e, incluso, nos inspiramos y refrescamos.

El zooplancton tiene formas increíbles y sus estructuras son esenciales para su movilidad, comportamiento y supervivencia en el agua. Comparte tu Alebrije Zooplanktástico y expresa lo importante que son los microorganismos acuáticos para el medio ambiente. ¡Crea tu colección y regala uno! Recuerda, nómbralo con las guías que te proporcionamos, usa siempre un nombre científico para referirte a él. ¡No lo olvides, indispensable el latín!

SOBRE LOS AUTORES

Gabriela Pineda García

«Soy licenciada en Biología. Durante toda mi vida me han llamado la atención las ciencias, así como conocer un poco más acerca de los fenómenos que suceden a nuestro alrededor y cómo afectan a los organismos y sus interacciones con el medio ambiente. Por ese motivo decidí enfocar mis estudios en el área de Ecotoxicología. Actualmente soy estudiante de maestría del CICY en la Unidad de Ciencias del Agua».

Adriana Hernández Pérez

«Soy licenciada en Ingeniería Ambiental, actualmente enfocada al estudio de la bioacumulación de metales pesados en la biota acuática de un cuerpo lagunar. La maestría en Ciencias del Agua me permite desarrollar, enfocar y dirigir mis habilidades y conocimientos hacia la resolución de los cuestionamientos que me surgen con relación a la biota y el medioambiente. Ahora estoy realizando uno de mis más grandes sueños y pasiones, que es hacer ciencia con enfoque a los recursos naturales».

Jesús Alvarado Flores

«¡Tú profesor de Biología! Soy Investigador por México, experto en diversidad de especies de zooplancton y estudios de ecotoxicología. Visita mi sitio público para conocer el trabajo que realizo: https://www.cicy.mx/unidad-de-ciencias-del-agua/investigador/jesus-alvarado-flores.

Hace algunos años, cuando tenía tu edad, en la secundaría realicé dos experimentos que transformaron la forma de ver las cosas. El primero fue hacer mercurio líquido, usando un bello material de destilación de cristal; el segundo, fue crear un microcosmos en una pecera, agregando peces, algas, piedras de río y oxigenándola con una bomba de aireación. Después de un tiempo, nacieron más peces. Aún recuerdo muy bien esos días».

GLOSARIO

Ecosistema: grupos de especies que conviven en un sitio determinado y sobreviven en él**.**

Hábitat: medio ambiente físico, químico, biológico, etc., en el que un organismo vive naturalmente.

Microorganismos: planta o animal, de tamaño pequeño, que no puede ser observado a simple vista.

Planctónico: que pertenece al plancton o se relaciona con él: animales planctónicos.

Zooplancton: es un conjunto de organismos microscópicos de vida libre que habitan en agua dulce y salada, miden entre 0.1 mm hasta más de 3.0 mm. El zooplancton en general se divide en: rotíferos, ostrácodos, copépodos, cladóceros, oligoquetos, como los grupos más encontrados en los sistemas acuáticos.

REFERENCIAS

Conde Porcuna, J. M., Morales Baquero, R., y Ramos Rodríguez, E. (2004). El zooplancton como integrante de la estructura trófica de los ecosistemas lénticos. *Ecosistemas*, XIII (2). https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=54013203

Ibarra, J. (25 de julio de 2020). *Como hacer un alebrije para principiantes* [video]. https://www.youtube.com/watch?v=y9XO40KmrEY&ab_channel=JuanjoIbarra

Martínez-García, B., Suarez-Hernando, O., Rodríguez-Lázaro, J., Pascual, A., Ordiales, A., Murelaga, X., Sancho, C., Muñoz, A., y Osácar, C. (2015). Las asociaciones de ostrácodos en secuencias aluviales como indicadores de cambios ambientales holocenos (Bardenas Reales de Navarra, Cuenca del Ebro, NE Península Ibérica). *Estudios Geológicos*, 71(2), e042. https://doi.org/10.3989/egeol.42054.367

Morales, H., Corona D., y Aguilar, M. (2014). *Historia de la clasificación de los seres vivos. Diversidad de los seres vivos*. UNAM. http://objetos.unam.mx/biologia/diversidadSeresVivos/

Ochoa, A. (2020). *Alebrijes, las figuras fantásticas más coloridas del arte popular mexicano*. AD. https://www.admagazine.com/gran-diseno/alebrijes-las-figuras-fantasticas-mas-coloridas-del-arte-popular-mexicano-20201028-7622-articulos

Rosas, V. (2014). *Alebrijes* (Tesis de licenciatura.) Escuela Superior de Artes Visuales.

Tus Buenas Noticias. (05 de mayo de 2020). *Cómo hacer alebrijes con materiales en casa durante la cuarentena* [video]. https://www.youtube.com/watch?v=CqMWvnw-82jk&ab_channel=TusBuenasNoticias

7P

¿Cuál es el color favorito de las plantas?

M. C. Miguel Tzec-Simá

Dr. Ignacio Islas-Flores

Lic. Genóm. Damián Mayo-Ruíz

M. C. María Inés Granados-Alegría

M. C. Jean Wildort Félix

Unidad de Bioquímica y Biología Molecular de Plantas

Descripción

El espectro visible de la luz es el rango de radiación electromagnética que es perceptible para el ojo humano y comprende de los 400 hasta los 700 nm de longitud de onda; cada color se asocia a una longitud de onda específica. En la naturaleza se ha observado que las diferentes longitudes de onda (colores) de la luz, influyen en la vida de las plantas. Por lo tanto, los colores de la luz podrían ser manipulados para optimizar el rendimiento de algún cultivo o inducir algún efecto deseado.

En este proyecto, mediante experimentos hechos en casa, seleccionaremos diferentes colores de la luz por medio de filtros de celofán y estudiaremos su efecto en la germinación y crecimiento de plántulas.

Objetivo

Estudiar el efecto del color de la luz en la germinación y crecimiento de las plantas.

Materia afín

- La investigación en las ciencias naturales. Estructura curricular de escuelas preparatorias de la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY): www.csems.uady.mx/media/MallaCurricularPrepa1y2.pdf
- Universo Natural. Estructura curricular del Servicio Nacional de Bachillerato en Línea: https://prepaenlinea.sep.gob.mx/wp-content/uploads/2020/03/Acuerdo090914-3.pdf

¿Qué vas a aprender?

Aprenderás cómo la calidad de la luz influye en la vida de las plantas.

Pregunta inicial

¿Cómo afecta la calidad de la luz al desarrollo de las plantas?

PANORAMA GENERAL DEL TEMA

Seguramente después de alguna lluvia has observado los colores de un arcoíris, pero... ¿alguna vez te has preguntado cómo se forman esos colores?

Pues bien, esos son los colores visibles al ojo humano dentro de un rango mucho más amplio de la radiación electromagnética. Pensando más profundamente, ¿sería posible que las plantas puedan percibir esos colores y además elegir algún color «favorito» para realizar sus funciones diarias?

Estas preguntas podremos resolverlas en este proyecto realizando algunos experimentos en casa y, además, analizaremos cómo aplicarlos para optimizar la producción de algunos cultivos.

¡Acompáñanos a descubrir cuál es el color que las plantas prefieren!

PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

El Sol emite **radiación solar**, la cual llega a la Tierra en forma de luz conformando un **espectro electromagnético** en una amplitud de longitudes de onda que oscilan entre los 280 a 2800 nm. De dicho espectro, los humanos solo vemos en forma de colores la porción de 380 a 770 nm. En el caso de las plantas, detectan el rango de 400 a 700 nm.

Cada color provoca diferentes efectos en las funciones de las plantas, uno de los más conocidos es el ocasionado por la luz azul que aumenta la **fotosíntesis**. Otras investigaciones a nivel de invernadero han permitido conocer efectos en el desarrollo de las plantas tales como la longitud, la floración, el aumento de biomasa, etc. La utilización controlada de la luz puede aumentar la producción en algunos cultivos.

En este proyecto aplicaremos métodos sencillos que nos permitirán conocer los efectos de la calidad de la luz (color) en plantas que cultivaremos y con ello descubriremos si la planta tiene un color predilecto para su desarrollo.

Este manual ha sido elaborado por estudiantes y académicos de la Unidad de Bioquímica y Biología Molecular de Plantas

del Centro de Investigación Científica de Yucatán. Las actividades por desarrollar para este proyecto fueron elaboradas pensando en que puedan ser realizadas desde casa, utilizando materiales de fácil acceso. Mediante este proyecto podremos ampliar nuestro conocimiento acerca de la función de la luz en las plantas y también se podrían abrir las puertas para desarrollar el cultivo de alguna especie de interés.

DESARROLLO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Actividad 1. Presentación del proyecto

Cuando surge una idea o tema de investigación, las y los investigadores se encargan de documentarse, investigar, recopilar y leer toda la información acerca del tema en estudio. Esto ayuda a plantearse un proyecto y actualizarse acerca de lo que otros investigadores han realizado. De igual manera, en este proyecto nos dimos a la tarea de recopilar información de artículos científicos y reportes de investigación; después de leer los resumimos y elaboramos un pequeño ensayo que presentamos en esta actividad.

Pregunta de investigación

¿Qué debemos saber para desarrollar nuestro proyecto de investigación?

Objetivo

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

Materiales

- Libreta y lápiz.
- Leer con atención.

Desarrollo

Para estar en contexto acerca de nuestro tema de investigación, lee con atención la siguiente información sobre algunos conceptos y fundamentos básicos de la luz y su interacción con las plantas, y toma nota en tu libreta de lo que consideres más importante.

¿CUÁL ES EL COLOR FAVORITO DE LAS PLANTAS?

El espectro electromagnético de la radiación solar

El Sol emite energía que se conoce como radiación solar, se propaga a través del espacio en todas direcciones mediante ondas electromagnéticas o luz, cuyas longitudes oscilan entre los 280 y 2800 nm. La energía solar es la fuente de la vida en la Tierra.

Las unidades en que se mide la longitud de la luz se llaman nanómetros (nm), son unidades tan pequeñas que equivalen a una millonésima de milímetro. Por lo anterior, los humanos solamente podemos visualizar un rango de longitudes de onda entre 380

a 770 nm, que se conoce como luz visible y corresponde a una pequeña sección del espectro electromagnético de la radiación solar (**Figura 1**) (Color measurement guide with UV Vis spectrophotometry, 2022).

Los animales pueden percibir un espectro diferente de la luz y, de la misma manera, las plantas pueden detectar un rango entre 400 a 700 nm, incluso, algunos fitocromos pueden detectar hasta 1000 nm (rojo lejano).

Cada color, también conocido como calidad de la luz, posee una **longitud de onda** característico y se ha observado que puede tener diversos efectos sobre las plantas, algunos de los cuales se resumen en la **Tabla 1**.

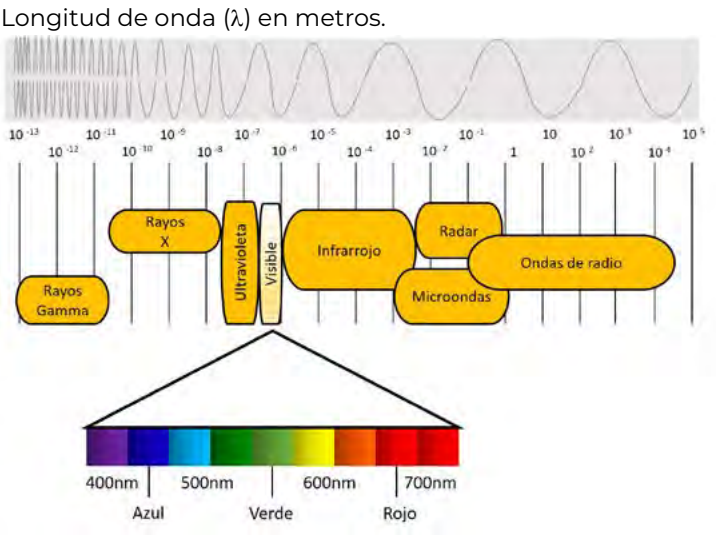


Figura 1. Espectro electromagnético de la radiación solar en donde se representa el rango de colores de la luz visible (Imagen: Damián Mayo).

Color	Longitud de onda (nm)	Efecto sobre las plantas
Ultravioleta	100 a 380	Aunque las plantas lo pueden percibir, generalmente causa daño celular y mutaciones.
Azul	430 a 500	Responsable del crecimiento vegetativo y del follaje, por lo que es necesaria para las fases iniciales de desarrollo (germinación, formación de hojas nuevas, etc.). Es el más aprovechado. Muchos semilleros especializados juegan con esta luz para fomentar el desarrollo más vigoroso de las plántulas.
Verde	500 a 570	Las plantas absorben poco la longitud de onda del espectro verde. Poco efecto.
Amarillo	570 a 590	Acción reducida sobre la fotosíntesis y la planta.
Naranja	590 a 630	Acción fotosintética.
Rojo	630 a 770	Es importante en la regulación de la floración y la producción de frutos, ayudando a aumentar el grosor del tallo y la ramificación de la planta.
Infrarrojo	700 a 1000	El infrarrojo cercano induce germinación en algunas especies sensibles a la luz, mientras que el rojo lejano puede inhibirlo.

Tabla 1. Efecto del color de la luz en el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Y la luz blanca... ¿qué longitud de onda tiene? En la luz blanca están presentes todas las longitudes de onda de la luz visible, por lo que es el conjunto de todas ellas, mientras que la oscuridad no tiene longitud de onda visible.

El efecto que la luz ejerce sobre el desarrollo y crecimiento de las plantas depende de diversos factores como pueden ser: la especie, etapa de desarrollo y hábitat. No obstante, se sabe que todas las plantas responden a la luz, dirigiéndose siempre hacia la fuente de energía luminosa; esto se conoce como **fototropismo** positivo.

En las selvas o zonas de abundante vegetación, la vegetación absorbe el color rojo, pero refleja la luz roja lejana a través de sus tallos, lo que envía la señal a las plantas más pequeñas que están debajo o son vecinas, de modo que inducen su alargamiento, la ramificación y la floración temprana para superar a los competidores y completar su ciclo de vida antes de que la luz sea insuficiente (Blanco-Valdés, 2019).

¿Qué es la fotosíntesis?

Aunque la fotosíntesis es un proceso más complejo en donde se involucran diversos organelos y pigmentos celulares, básicamente la fotosíntesis es la transformación de CO_2 + agua, en azúcares y oxígeno en presencia de luz (**Figura 2**); a través de este proceso la planta obtiene su energía para crecer. Las reacciones de fotosíntesis se llevan a cabo en compartimentos celulares que veremos a continuación.

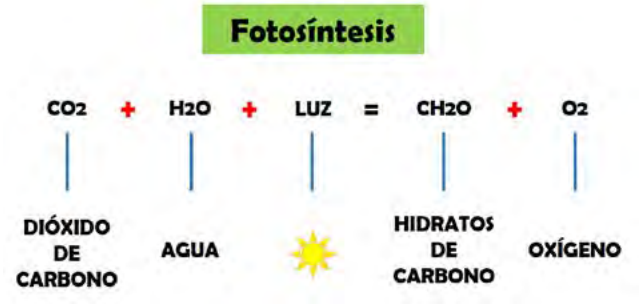


Figura 2. Reacción de la fotosíntesis para obtener energía a partir de la luz solar (Imagen: Damián Mayo).

La historia de los cloroplastos y la clorofila

Los **cloroplastos** (**Figura 3**) son biofábricas en miniatura que están dentro de las células vegetales y de algunos otros organismos que realizan fotosíntesis (ej., algas). Los cloroplastos reciben la energía de la luz solar y la utilizan para hacer alimento para la planta. Dentro de los cloroplastos se encuentran los **tilacoides** (**Figura 4**), los cuales son estructuras en forma de pilas de tortillas gruesas y que son las encargadas de realizar las reacciones fotosintéticas dependientes de la luz.

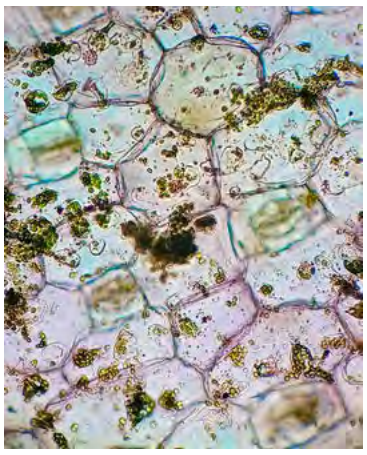


Figura 3. Cloroplastos redondeados y verdes rellenan las células vegetales (Foto: Miguel Tzec).

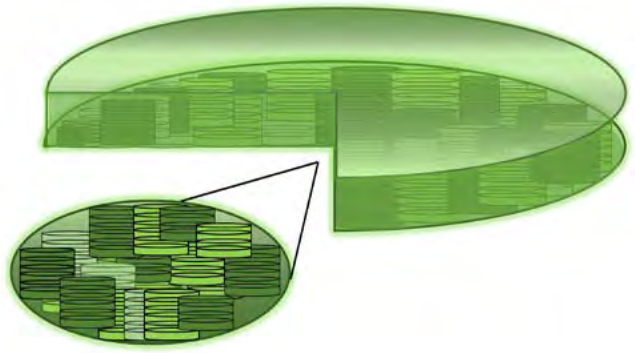


Figura 4. Modelo del cloroplasto con tilacoides apilados. El espacio dentro de un tilacoide se llama lumen. (Imagen: Damián Mayo).

¡Los cloroplastos fueron alguna vez bacterias independientes! Y a través de una relación simbiótica con otra célula, se fusionaron para convertirse en la célula vegetal que conocemos hoy.

Un componente importante para la fotosíntesis es la **clorofila**, un pigmento verde que se encuentra en los cloroplastos. La clorofila absorbe la energía de la luz solar y captura las longitudes de onda rojas y azules, reflejando las verdes, y es por esta razón que las plantas son verdes. Además de la clorofila, existen otros pigmentos involucrados en la absorción de la luz, como son las xantofilas y los carotenoides.

¿Qué es la radiación fotosintéticamente activa (RFA)?

La **radiación fotosintéticamente activa** (RFA) es la cantidad de energía luminosa que las plantas utilizan para realizar la fotosíntesis. Oscila en un rango de longitud de onda entre los 400 y 700 nm. Cada día las plantas reciben luz; con base a la suma acumulada de la RFA que reciben cada día, se pueden comparar los patrones de crecimiento y desarrollo característicos para cada especie de plantas (por ejemplo, las plantas de tomate necesitan acumular aproximadamente 1000 moles·m^{-2} de RFA para florecer en cualquier lugar en que se encuentren, ya sea que estén en el Polo Norte o en el Ecuador). Mientras más luz se aplique a una planta, más fotosíntesis y más crecimiento; pero el exceso de luz no significa que la planta crecerá más, ya que llegará a un punto de saturación (Yavari et al., 2021).

Estomas y luz

Los **estomas** son órganos situados en la epidermis por donde las plantas transpiran y llevan a cabo su intercambio gaseoso (**Figura 5**). Están formados por células oclusivas que controlan la apertura de un poro por donde, en general, entra dióxido de carbono y se libera oxígeno. Los estomas responden a la luz; se ha observado que si las hojas se iluminan a saturación con luz roja, la fotosíntesis llega a un punto máximo y los estomas también se abren a saturación; si después se iluminan con luz azul a saturación, los estomas se abren aún más llegando a un punto de sobresaturación.

Imaginemos a los estomas como compuertas, el ATP como la energía eléctrica y la H+/ATPasa como el motor para abrirlas:

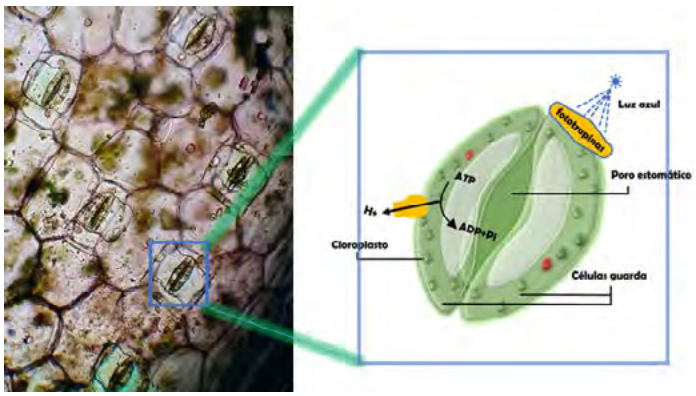


Figura 5. Estomas en el envés de una hoja y funcionamiento de apertura y cierre estomático mediante la captación de luz azul y activación de H+/ATPasa (Foto: Miguel Tzec/Damián Mayo).

gran parte del control de apertura y cierre de estomas es debido a la degradación de ATP, mediante la acción de la H+/ATPasa (Toh et al., 2021). En el amanecer, la luz azul es detectada por fototropinas, las cuales activan la H+/ATPasa y luego los estomas se mantienen abiertos con el suministro de ATP producido por la fotosíntesis (**Figura 5**; Rahmati Ishka, 2022).

La calidad de la luz también es importante en la jardinería de interior. El descubrimiento del papel de la luz azul y roja en la fotosíntesis se ha aplicado ampliamente en la iluminación artificial con luces tipo LED (Paradiso y Proietti, 2022).

Conclusión

Después de haber leído con atención lo anterior, adquirimos los principios básicos para adentrarnos a nuestro proyecto. Podemos reforzar nuestros conocimientos ampliando nuestra información en algunos puntos que consideres.

Actividad 2. Descomposición de la luz

Como se ha visto previamente, el espectro de la luz visible está representado por los colores que podemos observar en un arcoíris. Esto lo podemos demostrar con un simple experimento como veremos en esta actividad.

Pregunta de investigación

¿De qué colores está compuesta la luz visible?

Objetivo

Visualizar los colores que componen a la luz visible.

Materiales

- Espejo de aprox. 10 cm de diámetro.
- Recipiente de aprox. 20 cm de diámetro.
- Agua (aprox. 2 litros).
- Hoja de papel en blanco.

Desarrollo

Observa la **Figura 6** para guiarte en esta actividad.

1. Llena el recipiente con agua hasta ¾ partes.
2. Sumerge el espejo en el agua con la cara hacia arriba y en un ángulo de cerca de 45 grados.
3. Ubícate en un lugar donde haya luz del sol. Puede ser un haz del sol cerca de la ventana o en el patio de tu casa.

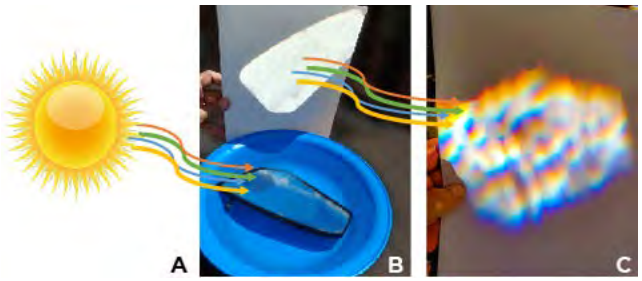


Figura 6. Experimento de descomposición de la luz. Refleja la luz del sol (A), a través de un espejo sumergido en agua (B), y captura el reflejo en una hoja de papel (C) (Fotos: Miguel Tzec).

4. Con el recipiente fijo, refleja la luz del sol a través del espejo que está sumergido en el agua y captura el reflejo en una hoja de papel en blanco. Aleja la hoja de papel de tal manera que logres ver unos colores como el del arcoíris.

5. ¿Qué colores observas y a qué se debe?

NOTA
También puedes usar alguna lámpara para simular la luz del Sol y reflejarla en el espejo. Toma fotos y anota observaciones de todas las actividades.

Lo que debes saber

Cada color de la luz, también conocido como calidad de la luz, posee una longitud de onda característica y ejerce algún efecto en el desarrollo de las plantas. Se ha observado que los más estimulantes son el rojo y el azul.

Conclusión

Mediante esta actividad se puede observar los colores que componen al espectro de la luz visible.

Actividad 3. Preparación de sustrato y recipientes de cultivo

En esta actividad prepararemos las condiciones para cultivar nuestras plantas. Se requiere un recipiente, sustrato, agua y semillas. El recipiente permite contener la humedad, el sustrato es el material sólido o soporte físico diferente al suelo, en donde se ancla el sistema radicular de las plantas y genera las condiciones adecuadas para que las raíces absorban agua y nutrientes; por último, debido al corto tiempo para nuestro experimento, requerimos de unas semillas de ciclo de vida muy corto, como veremos en la **Actividad 4**.

Pregunta de investigación

¿Qué condiciones básicas necesitan las plantas para ser cultivadas?

Objetivo

Preparar sustrato estéril y recipientes de cultivo.

Materiales

- Sustrato (algodón o papel absorbente).
- 4 recipientes de cultivo de plástico transparente con tapa, de aprox. 20 x 20 cm (te pueden servir los que se utilizan para comida).

Desarrollo

1. En los recipientes con tapa, realizar unas perforaciones en el fondo, esto servirá para que el exceso de agua se escurra.

2. Poner el sustrato que elegiste dentro de los recipientes. Requieres de al menos 4 recipientes (**Figura 7**).

3. Para humedecer y esterilizar el sustrato, pon a hervir 2 litros de agua y cuando esté hirviendo, viértelo cuidadosamente sobre los sustratos dentro de los recipientes. Tápalos y deja escurrir y enfriar.

Figura 7. Recipiente transparente con sustrato (algodón, papel absorbente). (Foto: Miguel Tzec).

Lo que debes saber

Es necesario esterilizar el sustrato y recipiente para evitar el crecimiento de microorganismos, tales como hongos y bacterias.

Conclusión

Respondiendo la pregunta planteada al inicio de esta actividad, podemos decir que las plantas necesitan básicamente un sustrato, agua y luz para ser cultivadas.

Actividad 4. Siembra de semillas en recipientes cubiertos con filtros de color

Para realizar nuestros experimentos requerimos de semillas de plantas con ciclo de vida muy corto para poder estudiarlos en estas dos semanas.

Una especie que es conocida por su corto ciclo de vida es la lechuga, por lo que es apta para realizar nuestros experimentos y, también, por lo cual ha sido ampliamente utilizada como modelo de estudio; en su lugar se podría usar alguna otra especie de interés. Por ejemplo, el rábano también tiene un ciclo de vida corto e incluso puede germinar más rápido que la lechuga. Los filtros de color utilizando celofán nos han funcionado bien para realizar experimentos caseros; este método se podría escalar a nivel invernadero para una mayor área de cultivo y en los cuales se podrían utilizar luces LED especiales para cada color.

Objetivo

Sembrar semillas en recipientes con filtros de celofán de colores.

Materiales

- Pliegos de papel celofán de colores: azul, rojo, transparente y un pliego de cartulina negra.
- Cloro comercial (normal sin blanqueador).
- Agua estéril (hervir durante 10 min y dejar enfriar).
- 1 sobre con mínimo 200 semillas de lechuga (puedes usar semillas de rábano en su lugar).

Desarrollo

1. Desinfestar las semillas de la siguiente manera:

   - Para esterilizar el agua, pon a hervir aproximadamente 1 litro de agua durante 10 min y déjala enfriar.
   - En un frasco o recipiente (un vaso), deposita las semillas y enjuágalas con ¼ de vaso de agua hervida (enfriada al tiempo) y elimina el agua cuidadosamente.
   - Prepara cloro al 10% (es decir, puedes usar un vaso pequeño para medir: un vasito de cloro + 9 vasitos de agua), seguidamente viértelo en el vaso con las semillas; déjalo por 20 min, agitando suavemente cada 5 min. Después elimina la solución de cloro.
   - Enjuaga con ¼ de vaso de agua estéril (esto es: agrega agua estéril que preparaste en el primer punto, agita suavemente y elimina el agua), y repite dos veces más.

2. Lávate las manos muy bien y siembra las semillas desinfestadas en los recipientes con el sustrato, depositando 30 semillas para cada color.

3. Cubre los 4 recipientes con el color correspondiente, uno de cada color: transparente (este es el control, es suficiente cubrirlo con la tapa transparente del recipiente), rojo, azul (cúbrelos con papel celofán del color respectivo) y negro (cúbrelo con cartulina negra o mételo en una caja que no deje pasar la luz). Al final, déjalos en un lugar iluminado (cerca de la ventana), pero no expuestos directamente al sol (**Figura 8**).

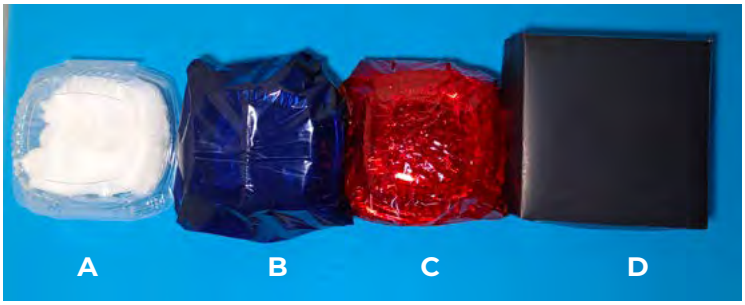


Figura 8. Recipientes cubiertos con filtros de colores para la germinación de semillas: A) control (transparente), B) celofán azul, C) celofán rojo, D) cartulina negra o caja (Foto: Miguel Tzec).

Lo que debes saber

Generalmente las semillas almacenadas pueden estar cubiertas de microorganismos o agroquímicos. Para evitar el crecimiento de los mismos en el sustrato que preparamos anteriormente, es necesario la descontaminación (**desinfestación**) de las semillas; además, los enjuagues que se les realizan también permiten hidratar las semillas para estimular su germinación.

Si dispones de mayor tiempo para evaluar algún cultivo de interés particular, podrías acondicionar algún área de cultivo y utilizar luces LED de colores.

Conclusión

Mediante esta actividad se establecen las condiciones del cultivo necesarias para evaluar el efecto de los colores de la luz en las plantas que estudiaremos.

Actividad 5. Evaluación de la germinación y desarrollo (durante 10 días)

Para realizar la comparación entre los tratamientos con diversos tipos de luz, es necesario registrar los diferentes parámetros durante el desarrollo de la planta. Mediante estos datos podremos cuantificar diferencias y seleccionar la mejor condición o tratamiento.

Pregunta de investigación

¿Qué parámetros podríamos medir para evaluar el efecto de los filtros de color sobre las plantas?

Objetivo

Realizar una hoja de registro para evaluar el efecto de la luz en las plantas.

Materiales

- Hoja de papel.
- Regla.
- Semillas en cultivo.

Desarrollo

1. Elabora una hoja para registrar los datos del desarrollo de las plántulas en cada tratamiento de color. Los parámetros por considerar pueden ser: número de semillas germinadas, de hojas, de estomas al final del experimento, longitud del tallo y de la raíz, y observaciones particulares (**Tabla 2**).

2. Observa cuidadosamente las semillas que depositaste en los recipientes de cada color. Cuenta en cuáles observas que la raíz (llamada radícula) empieza a emerger; apunta este dato en la hoja de registro, nos servirá para calcular el porcentaje de germinación.

3. Elige tres muestras al azar para cada color y, auxiliado por una regla, mide los diferentes parámetros para cuantificar su desarrollo (longitud del tallo, de la raíz, número de hojas) (**Figura 9**).

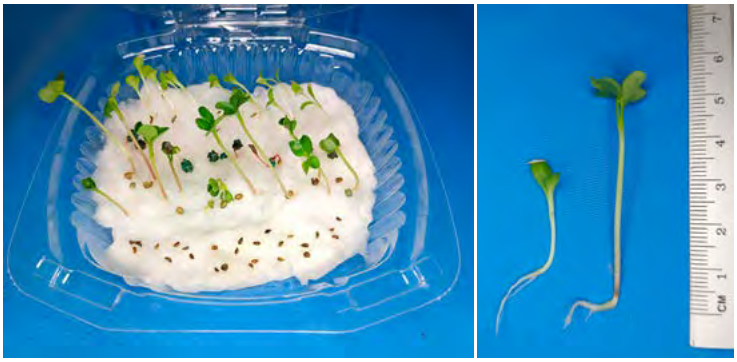


Figura 9. (A) Plántulas germinadas después de tres días de siembra, y (B) evaluación de parámetros (Fotos: Miguel Tzec).

4. Anota otras observaciones distintivas (ejemplo, coloración, marchitez, deformación, etc.) que observes en cada tratamiento.

5. En el último día del experimento (día 10), contaremos el número de estomas con ayuda de un microscopio casero, como veremos más adelante.

NOTA
El registro de los datos se debe realizar todos los días en un mismo horario, desde el inicio hasta el final del experimento; en total serán 10 días.

Número de días	Germinación (%)	Longitud tallo (cm)	Longitud raíz (cm)	Núm. hojas	Observaciones (coloración, marchitez, deformación)
Día 1	(n/nt) x 100 n= número de semillas germinadas nt= número total de semillas				
Día 2					
Día 3...10					
Media					
Desv. Est.					

Tabla 2. Ejemplo de hoja de registro con los parámetros a evaluar (una para cada color de filtro).

Lo que debes saber

Las y los investigadores cuantifican varios parámetros de acuerdo con lo que se requiera estudiar: biomasa (peso fresco/peso seco), floración, longitud, etc. Diversos productores ya aplican métodos establecidos en laboratorio para la producción de plantas en invernaderos con interés comercial. Así se han establecido colores de LED en el cultivo de algunas especies (Paradiso y Proietti, 2022).

Conclusión

Los parámetros que evaluamos (porcentaje de germinación, longitud de tallo y raíz) nos permitirá comparar el efecto de los colores en la planta que estudiamos.

Actividad 6. Microscopio casero

El **microscopio** es un instrumento que nos permite amplificar un objeto para poder observarlo, algo que no podríamos hacer a simple vista. Para lograr esa amplificación, los microscopios se basan en la combinación de lentes y luz.

Aunque la historia del microscopio inicia desde hace más de 400 años, se reconoce como su inventor a Antonie van Leeuwenhoek, quien en 1674 diseñó unos lentes para hacer su propio microscopio y observó por primera vez unos «pequeños animáculos», como él los llamó, y que ahora se conocen como microorganismos. Junto a la microscopía, nació también la microbiología, la cual es la ciencia que estudia a los microorganismos.

De la misma manera como los primeros inventores de microscopios, nosotros aprovecharemos los lentes de dispositivos actuales para fabricar nuestro propio microscopio y así, poder observar algunos órganos de las plantas, como lo son los estomas.

Pregunta de investigación

¿Para qué sirve un microscopio?

Objetivo

Elaborar un microscopio casero.

Materiales

- Celular en buen estado y con cámara para fotos.
- Celular viejo y con cámara de fotos (que ya no sirva y puedas desarmar).
- Un destornillador pequeño.
- Cinta transparente (*masking tape*).
- Lámpara.

Desarrollo

1. Desarmemos un celular viejo. Para ello necesitamos un celular que ya no sirva. Con ayuda de un destornillador pequeño quitamos la carcasa del celular hasta llegar a donde se encuentra el lente de la cámara. Usa tu destreza y habilidad para extraerlo. Esto es lo único que necesitamos del celular viejo.

2. Acoplemos los lentes de las cámaras de los celulares. Localiza la posición del lente de la cámara de tu celular bueno y con ayuda de una cinta transparente (*masking tape*), fija el lente que extrajiste del celular viejo en la misma dirección, es decir uno sobre otro. Pruébalo observando cualquier cosa (por ejemplo, los poros de tu piel, una hoja, etcétera); ajústalo alineando los lentes hasta obtener una óptima visualización. La **Figura 10** te puede guiar para su elaboración.

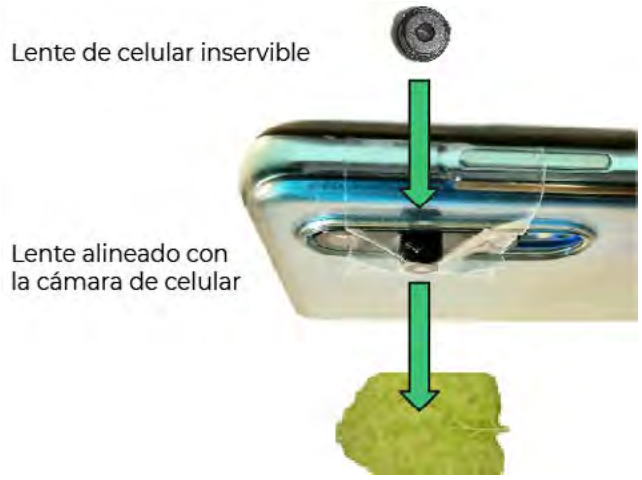


Figura 10. Representación del microscopio casero que utilizaremos (Imagen: Miguel Tzec).

Lo que debes saber

Un microscopio es un aparato que, por medio de lentes, nos permite amplificar la vista de algún objeto que observemos a través de él. Los hay desde los microscopios simples, como las lupas, hasta los más sofisticados que utilizan combinaciones de lentes y tipos de luces, como los electrónicos. Sin embargo, los más utilizados y que no pueden faltar en un laboratorio de investigación, son los microscopios ópticos. En la **Figura 11** te presentamos el microscopio óptico que se utiliza comúnmente en los laboratorios y en las escuelas.

Figura 11. Partes de un microscopio óptico (Modificado de: pngimg.com/image/25872).

Conclusión

Reutilizando lentes disponibles en casa se puede construir un microscopio casero; el poder de amplificación dependerá de los lentes que combinemos.

Actividad 7. Observación y cuantificación de estomas

Como vimos al final de la **Actividad 1**, los estomas son poros formados por células oclusivas que permiten el intercambio gaseoso de la planta y responden a la luz permitiendo su mayor apertura. Pero ¿cuál color de la luz provoca una mayor apertura de estomas? Eso lo podremos descubrir en esta actividad.

Pregunta de investigación

¿Cuál es el efecto de la calidad de la luz sobre los estomas?

Objetivo

Observar el efecto de la calidad de la luz sobre los estomas de las plantas de lechuga o rábano.

Materiales

- Microscopio casero.
- Una hoja de planta de lechuga creciendo en los diferentes filtros de colores.
- Cúter, aguja o navaja de afeitar.
- Gotero con agua.
- Portaobjetos o film de plastico.

Desarrollo

1. Colecta una hoja de lechuga (o de la planta que germinaste) de cada condición de cultivo.

2. Con ayuda de un cúter, aguja o navaja de afeitar, despega cuidadosamente un fragmento de la epidermis (piel) de la hoja de 1 cm^2 aproximadamente (**Figura 12A**) y depositalo en un portaobjetos o un film de plástico.

3. Utilizando el microscopio casero o el que tengas disponible, cuenta el número de estomas (**Figura 12B**) para cada condición de filtro de color (cuenta al menos 3 réplicas por cada color).

4. Apunta estos datos en la hoja de registro.

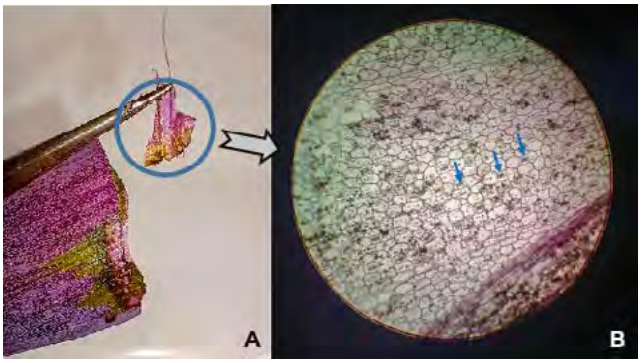


Figura 12. (A) Observación de estomas (flechas azules). Desprendimiento de la epidermis del envés de la hoja, y (B) observación al microscopio casero (Foto: Miguel Tzec).

NOTA
Para contar el número de estomas, puedes tomar fotos y contar los que observes. Toma tres fotos por tratamiento (filtro de color).

Lo que debes saber

La luz llega a las plantas en intensidades variables a lo largo del día. Como consecuencia, los estomas responden en forma dinámica. Las respuestas de la apertura de estomas a la luz se clasifica en dos tipos principales: respuesta a la luz roja y respuesta a la luz azul. La que produce mayores respuestas es la luz azul, ya que además de la apertura en los estomas, provoca otros efectos en la planta, como son: fototropismo, fotomorfogénesis, floración, función del reloj circadiano y movimiento direccional de cloroplastos. La luz roja interacciona con el CO_2 para inducir indirectamente el cierre de estomas. Además de la luz roja y azul, se ha observado que cuando el potencial fotosintético es bajo, la luz verde puede inhibir la apertura de estomas inducida por la luz azul y así evitar la pérdida excesiva de agua en ambientes de sombra (Matthews et al., 2020).

Conclusión

Utilizando un microscopio se puede observar la respuesta de los estomas ante los estímulos luminosos de color. Al utilizar nuestro microscopio casero, es indispensable combinar lentes del mejor aumento que dispongamos para observar los estomas, esto también dependerá de la formación de hojas verdaderas y su desarrollo; debido al corto tiempo del experimento (10 días), podría no ser posible observarlos, por lo que es recomendable cultivarlos por mas tiempo para evaluar este parámetro.

Actividad 8. Análisis de resultados (gráficas y fotos), discusión y conclusiones

Necesitamos analizar nuestros resultados con base en los datos que registramos para cada tratamiento. Los resultados se pueden expresar en forma de tablas, gráficas o fotos, dependiendo de lo que se quiere demostrar. En nuestro caso, resulta más ilustrativo representar nuestros resultados en forma de gráficas. La selección del mejor tratamiento requiere de pruebas estadísticas, lo que permite ver diferencias entre los parámetros evaluados.

Pregunta de investigación

¿Cómo puedo saber cuál tratamiento de mi experimento fue mejor?

Objetivo

Realizar gráficas comparativas a partir de los datos experimentales.

Materiales

- Calculadora.
- Hojas de registro.
- Programa estadístico (Excel®, Minitab®).

Desarrollo

1. A partir de los datos que obtuviste, realiza los cálculos para cada tratamiento para obtener la media aritmética y la desviación estándar.
2. Represéntalos en forma de gráficos. Es recomendable el uso de algún programa de hoja de cálculo (ej. Excel®).
3. Una vez realizados los cálculos, elabora el análisis estadístico comparando las medias de cada tratamiento. Puedes usar el programa Minitab®. Mas adelante, te sugerimos algunos videotutoriales que te pueden guiar.

NOTA
Los cálculos también se pueden realizar manualmente, conociendo las fórmulas y con ayuda de calculadora. Sin embargo, es más rápido y fácil aprovechar las tecnologías informáticas actuales que brindan las hojas de cálculo. Para realizar estas graficas puedes encontrar tutoriales en YouTube como estos:

Gráfico de barras en Excel, personalizado (Pro Ciencia) https://www.youtube.com/watch?v=ZN_IjSk0tw8

Curva de germinación (IG) https://www.youtube.com/watch?v=5m-m0YUG4vpc

Lo que debes saber

La representación visual de los resultados en forma de gráficos nos permite comparar rápidamente los tratamientos. Sin embargo, para una conclusión más certera se requiere realizar los análisis estadísticos, los cuales nos sirven para comparar los diferentes tratamientos **y así determinar cuál es el mejor. Existen diferentes pruebas estadísticas, pero las** más utilizadas son las comparaciones de medias. El siguiente enlace te puede guiar a un tutorial de como se realiza este análisis en Minitab®: *Anova y tukey resuelto con minitab 16* (Javier Franco) https://www.youtube.com/watch?v=URJPkW3Sv6E

Dirección de descarga Minitab® (versión de prueba): https://www.minitab.com/es-mx/products/minitab/free-trial/?utm_campaign=BFO+-+Mexico+-+ES&utm_medium=ppc&utm_term=minitab%20descargar&utm_source=adwords&hsa_net=adwords&hsa_mt=p&hsa_ver=3&hsa_grp=77026275077&hsa_ad=465647355044&hsa_tgt=kwd-564390513558&hsa_cam=6447838317&hsa_acc=4841564033&hsa_src=g&hsa_kw=minitab%20descargar&gclid=Cj0KCQjw8O-VBhCpARIsACMvVLN393vaFE_5fThJrCgPYoN3UqhcD0n-JoDinDBNC8m4c5Os3WwEH7j4aAnFJEALw_wcB

Actividad 9. Reporte y presentación de resultados

Para dar a conocer los resultados de sus trabajos, los investigadores e investigadoras utilizan diversos medios, principalmente la publicación de artículos científicos especializados y otras vías que van desde presentaciones en congresos científicos (en donde intercambian experiencias, ideas o establecen colaboración), así como conferencias y artículos de difusión. La pandemia por la COVID-19 ocasionó un mayor uso de las redes sociales para exponer pláticas, seminarios, cursos y congresos. Actualmente, también hay foros en internet para consultas y apoyo en resolución de problemas en los experimentos.

Pregunta de investigación

¿Qué efectos produjeron los filtros de color en las plantas que cultivamos?

Objetivo

Realizar un video o presentación en PowerPoint®, con base en los resultados obtenidos.

Materiales

- Ingenio.
- Creatividad.
- Cualquier equipo de grabación (celular, cámara).
- Opción: Si así lo deseas, puedes realizar una presentación en PowerPoint® o programa similar, en lugar del video.

Desarrollo

1. Utilizando tu creatividad e ingenio, realiza una grabación de un video para presentar tu proyecto. Debes incluir: introducción, objetivo o pregunta de investigación, metodología, resultados, conclusiones, y lo que aprendiste en general (o expresa qué es lo que te deja esta experiencia de Talento CICY).

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

NOTA
Si no dispones de algún equipo para grabar video o si así lo decides, puedes optar por presentar el reporte de investigación en forma de presentación (PowerPoint®, Canvas, etc.).

Lo que debes saber

Los artículos científicos son los medios utilizados para que las y los investigadores consulten y den a conocer su investigación, sin embargo, también se utilizan congresos, foros, etc., para divulgar la investigación.

CONCLUSIÓN GENERAL

Las plantas responden a las diferentes calidades de la luz, las cuales se visualizan en forma de colores y cada uno tiene una longitud característica. Durante las etapas de desarrollo de las plantas, algún color en específico puede ejercer un efecto más significativo, es decir, que para germinar rápido requieran luz roja o la caja oscura (semilleros, en la cual está presente los infrarrojos), para la elongación del tallo y follaje sea la luz azul, para estimular el desarrollo de la raíz sea luz roja. Asimismo, las respuestas de las plantas a la luz dependen de las especies y de su entorno, temperatura y humedad entre otros factores. Se espera que mediante este proyecto las y los estudiantes conozcan y aprendan cómo las plantas obedecen a los colores de la luz, y cómo ellas pueden elegir algún color durante su desarrollo, esto puede ser aprovechado para combinar los colores en cada etapa de la vida de los cultivos y así incrementar las cosechas.

SOBRE LOS AUTORES

El **Dr. Ignacio Islas Flores** es biólogo de formación y doctor en Ciencias en Procesos Vegetales. Actualmente labora en el Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY) como Investigador Titular. Tiene amplia experiencia en Bioquímica, Fisiología y Biología Molecular de Plantas; ha dirigido y colaborado en diversos proyectos de investigación científica, así como asesorado a estudiantes de licenciatura, maestría y doctorado. Como producto de su trabajo ha publicado diversos artículos científicos y capítulos de libros. Cuando tenía entre 13 y 14 años, como estudiante de secundaria se despertó su curiosidad por la ciencia mientras leía el libro *Cazadores de microbios* y tomaba las materias de Química, Física y Biología; su imaginación volaba hacia un mundo fantástico e increíble. Las historias de su maestro de Biología y la observación de microorganismos en agua de lluvia almacenada fueron otros factores que reforzaron su curiosidad por conocer y aprender acerca del mundo microscópico que nos acompaña.

El **M. C. Miguel Alonso Tzec Simá** es químico farmacéutico biólogo con una maestría en Ciencias en Biotecnología de Plantas. Actualmente, labora en el CICY como Técnico Titular colaborando en los proyectos de investigación del Dr. Islas Flores, con experiencia en Cultivo de Tejidos Vegetales, Biología Molecular y Bioquímica. También ha asesorado a varios estudiantes de licenciatura y publicado diversos artículos científicos. «Pienso que mi gusto por la ciencia nació desde cuando era niño, ya que, como todos, sentía gran curiosidad por mi entorno: insectos, animales, plantas de formas peculiares y con capacidades para hacer cosas extraordinarias. Tiempo después observé con una lupa y descubrí el gran pequeño micromundo que existe y con el cual convivimos, habiendo buenos y malos microrganismos. Eso me abrió un gran panorama, con lo cual hasta ahora sigo experimentando».

El **Lic. Damián Alberto Mayo Ruíz** es licenciado en Genómica por la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT). Actualmente, es estudiante de maestría en Ciencias Biológicas en el CICY. Tiene experiencia en Biología Molecular y cultivo *in vitro* de microorganismos. Su primer acercamiento a la ciencia fue a los 10 años en un laboratorio de cultivo de tejidos, donde comenzó a jugar con pinzas manipulando pequeñas plantas. Desde entonces, se le prendió el gran motor de la curiosidad por las cosas pequeñas que lo motivó hasta antes de entrar a la universidad; la decisión de estudiar Genómica fue influenciada por la atracción al tratar de entender cómo diminutos elementos funcionan y se coordinan para hacer funcionar un sistema mucho mayor.

La **M. C. María Inés Granados Alegría** es maestra en Ciencias en Innovación Biotecnológica por el Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C. (CIATEJ). Actualmente, es estudiante del doctorado en Ciencias Biológicas en el CICY. Tiene experiencia en aislamiento y selección de levaduras con actividad enzimática. La ciencia está en todos lados, su pasión por ella comenzó cuando se dio cuenta de la cantidad de información e interpretación falsa que abunda en los medios de comunicación, y se propuso la búsqueda de informa-

ción que esté fundamentada y con análisis estadísticos para poder llegar a una conclusión, necesarias para poder tomar decisiones en la vida diaria incluyendo aquellas que pueden afectar en la salud. Experimentar y satisfacer la curiosidad es lo divertido sobre la ciencia.

El **M. C. Jean Wildort Félix** es ingeniero agrónomo de formación y maestro en Ciencias Agroalimentarias. Por el momento está realizando un doctorado en Ciencias Biológicas en el CICY. Tiene experiencia en suelo, riego y biofortificación de plantas. La pasión por la ciencia empezó cuando vio documentales en la televisión sobre como multiplicaban *in vitro* plantas a partir de cormos de plátano, técnica tradicional todavía empleada por los agricultores de su país natal, Haití. Pensaba que con la ciencia podía ayudar a estos productores. Su interés por apoyar a la gente de campo lo motivó a estudiar agronomía y adentrarse en la ciencia.

GLOSARIO

Clorofila: es el pigmento que da a las plantas su color verde y les permite absorber la luz solar. Es indispensable para llevar a cabo la fotosíntesis.

Cloroplasto: parte de una célula vegetal que tiene como función convertir la energía luminosa en energía química que puedan utilizar las plantas (azúcar glucosa). Además de las plantas, otros organismos vivos, como las algas, también tienen células con cloroplastos.

Desinfestación: proceso físico o químico de eliminación superficial de microorganismos tales como esporas, nemátodos, ácaros, hongos, etc.

Espectro electromagnético: es el conjunto de longitudes de onda de todas las radiaciones electromagnéticas (solar, terrestre), que comprende a las ondas de radio, microondas, infrarrojo, visible, ultravioleta, rayos X y rayos gamma.

Estomas: son estructuras localizadas en la epidermis de las hojas, principalmente, y se encargan del intercambio gaseoso e hídrico de la planta mediante la apertura regulable de un poro u ostiolo rodeado de dos células oclusivas.

Fotosíntesis: es un proceso bioquímico mediante el cual las plantas, algas, bacterias y algunos organismos, producen sustancias orgánicas para «alimentarse» a partir de varios elementos que encuentran en su entorno: la luz del sol, el dióxido de carbono y el agua obtenida del suelo o del medio ambiente.

Fototropismo: es el movimiento que las plantas experimentan al crecer en dirección hacia la luz.

Longitud de onda: es la distancia entre dos puntos (llamados crestas) de una onda, la cual a su vez es la forma de propagación oscilatoria del espectro electromagnético. Se miden en nm, la cual es la millonésima parte de un milímetro.

Microscopio: es un instrumento que amplifica la imagen de objetos o microbios que no

pueden ser vistos a simple vista. El término se forma de dos palabras: *micro*, que significa pequeño, y *scopio*, que significa observar; en suma, significa *observar lo pequeño*.

Radiación fotosintéticamente activa (RFA): es la porción de la radiación solar que las plantas necesitan para llevar a cabo la fotosíntesis y está comprendida entre los 400 a 700 nm.

Radiación solar: es el conjunto de energías emitida por el Sol; se propaga hacia todas direcciones a través del espacio mediante ondas electromagnéticas, llega hasta la Tierra y tiene una función vital para los seres vivos.

Tilacoides: se encuentran dentro de los cloroplastos. Tienen forma de disco y se especializan en llevar a cabo las reacciones fotoquímicas a partir de la luz del Sol.

REFERENCIAS

Blanco-Valdés, Y. (2019). Importancia de la calidad de la luz entre las plantas arvenses-cultivo. *Cultivos Tropicales*, *40*(4). Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193263189009

Color Measurement Guide with UV Vis Spectrophotometry. https://www.mt.com/us/en/home/library/guides/lab-analytical-instruments/uvvis-color-measurement-guide.html. Fecha de consulta: 29/09/2022

Matthews J.S.A., Vialet-Chabrand S., y Lawson T. (2020). Role of blue and red light in stomatal dynamic behaviour. J Exp Bot. 71(7):2253-2269. https://doi.org/10.1093/jxb/erz563.

Paradiso, R., y Proietti, S. (2022). Light-Quality Manipulation to Control Plant Growth and Photomorphogenesis in Greenhouse Horticulture: The State of the Art and the Opportunities of Modern LED Systems. *Journal of Plant Growth Regulation*, 41, 742–780. https://doi.org/10.1007/s00344-021-10337-y

Rahmati Ishka, M. (2022). A surprising feature of the blue light: Regulation of leaf hydraulic conductance via an autonomous phototropin-mediated blue light signaling pathway in bundle-sheath cells. *The Plant Cell*, 34(6), 2116–2117. https://doi.org/10.1093/plcell/koac088.

Toh, S., Takata, N., Ando, E., Toda, Y., Wang, Y., Hayashi, Y., Mitsuda, N., Nagano, S., Taniguchi, T., y Kinoshita, T. (2021). Overexpression of Plasma Membrane H^+-ATPase in Guard Cells Enhances Light-Induced Stomatal Opening, Photosynthesis, and Plant Growth in Hybrid Aspen. *Front. Plant Sci.*, 12:766037. https://doi.org/10.3389/fpls.2021.766037

Yavari, N., Tripathi, R., Wu B. S., MacPherson, S., Singh, J., y Lefsrud, M. (2021). The effect of light quality on plant physiology, photosynthetic, and stress response in *Arabidopsis thaliana* leaves. *PLoS One,* 16(3), e0247380. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247380

8P

Los colores ocultos de las algas y plantas

Ing. Jimena Beatriz Peraza-Alvarado

M. C. Benjamín Delgado-Pech

Ing. Eunices Arely Hernández-De la O

Ing. Jocelyne Dayanna Frías-Hernández

Lic. Juan Manuel Arana-Ravell

Dr. Antonio Almazán-Becerril

Unidad de Ciencias del Agua (Laboratorio de Ecología Costera)

Descripción

Aprenderemos sobre los pigmentos fotosintéticos, que son compuestos químicos que absorben, transfieren la luz y dan color a las plantas y algas.

Las y los estudiantes conocerán las diferencias entre las plantas y las algas, así como los principales pigmentos que se presentan en los diferentes grupos de estos organismos.

También realizarán un experimento para extraer pigmentos fotosintéticos de forma casera.

Objetivo

Conocer la diversidad de pigmentos que se encuentra en los tejidos de las plantas y algas, al igual que la importancia para su crecimiento y desarrollo.

Materia afín

- Área básica-Biología I: Procesos energéticos y cambios químicos en las células.
- Área básica-Biología II: Evolución.
- Área básica-Ecología: El ecosistema en donde vivo

¿Qué vas a aprender?

- Fotosíntesis en productores primarios.
- Pigmentos fotosintéticos y sus funciones.
- Diferencias entre algas y plantas.
- Aplicación de los pigmentos en la vida diaria.

Preguntas iniciales

- ¿Qué le da el color a las plantas y a las algas?
- ¿Por qué existen diferentes colores en las plantas y en las algas?

PANORAMA GENERAL DEL TEMA

¿Por qué las algas y las plantas tienen diferentes colores? ¿Cómo está todo esto conectado con la fotosíntesis?

Todo empieza con la captación de la energía de la luz solar por parte de las hojas. Para entenderlo mejor, realizaremos un viaje microscópico para conocer sobre este misterioso funcionamiento.

Les llamamos productores primarios a los organismos que realizan un proceso llamado **fotosíntesis**. Ellos necesitan de la luz solar, agua y dióxido de carbono para convertir la energía solar en energía química (en forma de un azúcar llamado glucosa). Todos los seres vivos requerimos de estos compuestos para que nuestro organismo realice los procesos necesarios para mantenernos vivos.

Pero, ¿qué tiene que ver la fotosíntesis con el color? Los colores que vemos a simple vista están vinculados con las longitudes de onda que componen a la luz blanca que no son absorbidas por los objetos, sino que son reflejadas.

¿Te has preguntado por qué el mar es azul? Bueno, esto ocurre porque en el mar se absorben las ondas electromagnéticas que corresponden al rojo, naranja y amarillo, pero se reflejan las que no logran absorberse, que en este caso, corresponden al azul. Las hojas de las plantas son en su mayoría verdes porque absorben las ondas rojas y azules, y reflejan el verde.

Pero, ¿cómo pasa esto en las algas y las plantas? Estos organismos tienen unas moléculas llamadas pigmentos, que absor-

ben ciertas partes de la luz blanca y que, a su vez, es solo una fracción del espectro electromagnético que emite el Sol. Como acabamos de mencionar, los productores primarios, también llamados autótrofos, emplean la luz solar para realizar la fotosíntesis, por lo cual, los pigmentos vinculados a este proceso se llaman **pigmentos fotosintéticos**; muchos de ellos son apoyados por **pigmentos accesorios**, que además de darles múltiples colores a nuestros productores primarios, cumplen otras funciones como absorber la luz en longitudes de onda diferentes a las de los pigmentos principales o incluso, deshacerse del exceso de energía.

En la actualidad, los pigmentos tienen múltiples aplicaciones, pues la Biotecnología se ha encargado de emplear a estas moléculas para elaborar productos que beneficien al ser humano.

PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

El objetivo de este proyecto es conocer sobre los pigmentos fotosintéticos de las plantas y las algas, indagar sobre su origen, función, diversidad, importancia y sus potenciales aplicaciones. Este proyecto fue creado por académicos y estudiantes de posgrado, quienes te apoyarán para comprender más a profundidad sobre el tema de los pigmentos, así como elaborar experimentos científicos para complementar el aprendizaje y conocer sus potenciales aplicaciones.

DESARROLLO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

¡Hola! A través de las próximas páginas tendrás una aventura con **Lola *Lahoja*** y **Pablo *Dictyota***, quienes nos acompañarán en diferentes secciones sobre las plantas y algas. Con ellos aprenderás sobre las semejanzas entre estas especies, aprenderemos sobre la fotosíntesis y cómo es que el Sol alimenta a todos. También abordaremos los colores y los pigmentos, realizaremos un experimento para extraer pigmentos fotosintéticos, aprenderemos sobre las aplicaciones de los pigmentos y haremos un experimento sobre cómo un pigmento puede ser un indicador de pH (grado de acidez).

Las plantas y sus primas las algas: una familia algo dispersa

¿**Sabías que** las macroalgas son indicadores de calidad del agua en los arrecifes? Algunas son tan sensibles a estos cambios que desaparecen, mientras que a otras les gustan tanto que proliferan... ¡muchísimo!

Como has podido notar, las algas son organismos acuáticos autótrofos. Su diversidad es tan amplia que podemos encontrar seres microscópicos unicelulares conocidos como microalgas, hasta organismos multicelulares que tienen la capacidad de formar grandes colonias o bosques submarinos. Las plantas también son organismos autótrofos altamente diversos debido a que las podemos encontrar en agua y en tierra, pero antes de comenzar a narrar una historia que a nuestro parecer nos parece increíble, intentemos contestar esta pregunta que nos servirá para adentrarnos en el tema: ¿qué tienen de diferente las algas y las plantas?

Si ponemos un alga y una planta juntas observaremos diferencias muy notables, pues cada una presenta características morfológicas diferentes. El alga no presenta una raíz verdadera sino un rizoide que le permite fijarse a un sustrato, no presenta hojas, sino que presenta láminas (o talos), y no presenta tallos, peciolos o raquis, sino que presentan un estipe que cumple una función similar (**Figura 1**).

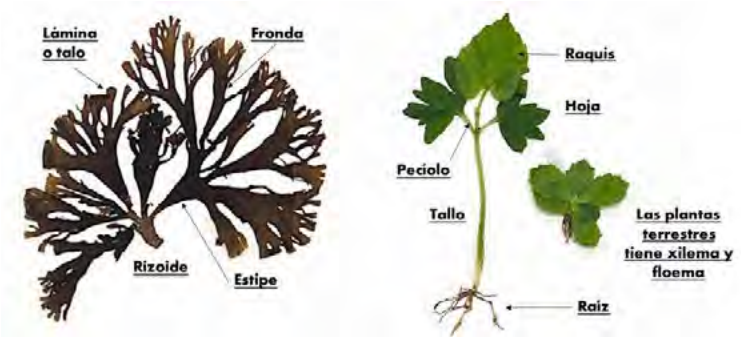


Figura 1. Características morfológicas de algas y plantas.

Pero qué tal si nos hacemos la pregunta a la inversa: ¿en qué se parecen las plantas y las algas? De forma rápida podemos pensar en al menos dos cosas: 1) en muchos casos son verdes y presentan pigmentos fotosintéticos, y 2) necesitan luz para vivir.

Pero a las plantas y a las algas les pasa algo que seguramente te ocurre con tus primos (o familiares lejanos): muchos de ellos comparten características en común contigo (color de cabello, forma de cejas, color de los ojos, etc.), sin embargo, cada uno tiene una historia familiar que los define y los hace diferente entre sí. Dicho esto, aquí es donde empieza la historia de las plantas y las algas, una gran familia muy parecida, pero que es muy diferente y dispersa.

Hace miles de millones de años se encontraban en un gigantesco caldo primitivo los primeros antepasados de las plantas y las algas, los cuales eran microorganismos parecidos a **cianobacterias**; es decir, eran **procariotas** de formas simples y sin estructuras complejas. Su peculiaridad era que presentaban un pigmento singular de un tono verde-azul y permanecían cercanos a la superficie donde recibían la luz del Sol que utilizaban para alimentarse mediante la fotosíntesis.

Estos microorganismos fueron consumidos por otros que no podían acceder a la comida tan fácil, pero un día, en vez de digerir a estos ancestros de las plantas y algas, decidieron permitir que un grupo selecto se alojara en su interior, de tal modo que ellos le daban refugio de un ambiente hostil a cambio de un poco de alimento que seguían generando por la fotosíntesis. Este evento marcó el origen de las primeras algas **eucariotas**.

A partir de este punto, y a través de millones de años, estas algas fueron diversificándose, de tal modo que cada una tomó un camino muy diferente (evolutivamente hablando). Estos cambios vinieron acompañados con la adquisición de ciertos pigmentos que los diferenciaban, así como en su morfología (Manrique, 2003). En la **Tabla 1** podrás observar algunas características que fueron adquiridas por los diferentes grupos de algas. Esta información la verás a detalle en unas secciones adelante.

Tabla 1. Características de algunos grupos de algas.

Grupo de alga	Característica especial	Pigmentos
Cianobacterias (**Figura 2-A**)	Procariontes	Clorofila *a* y ficocianina
Diatomeas (**Figura 2-B**)	Pared de sílice	Clorofila *a*, *c* y fucoxantina
Algas verdes (**Figura 2-C**)	Primer rastro de la pluricelularidad	Clorofila *a* y *b*
Dinoflagelados	Dos flagelos diferentes	Clorofila *a*, *c* y peridinina
Algas rojas (**Figura 2-D**)	Mayoría pluricelulares y producen ficobiliproteínas	Clorofila *a* y carotenoides
Algas pardas (**Figura 2-E**)	Presentan estructuras que cumplen funciones diferentes	Clorofila *a*, *c* y fucoxantina
Algas carófitas (**Figura 2-F**)	Paredes celulares ricas en calcio	Clorofila *a* y *b*

¿Sabías que en 1818, los químicos franceses Pierre Pelletier y Joseph Caventou aislaron por primera vez la clorofila?

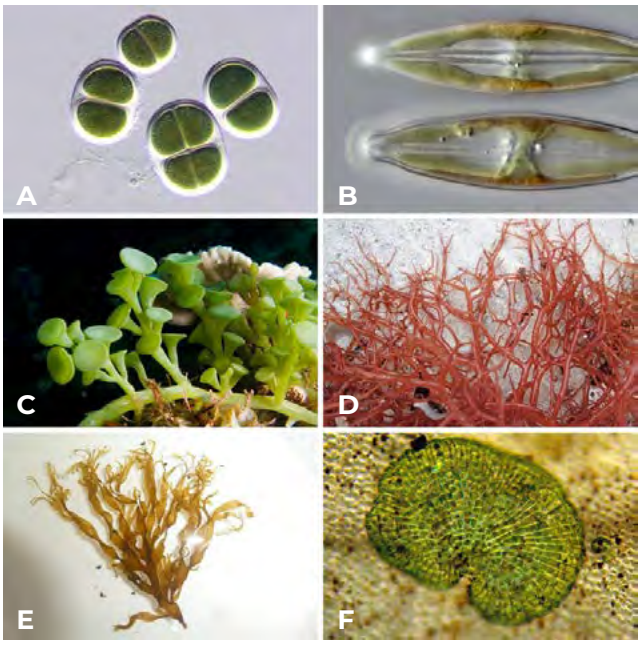


Figura 2. Diversidad de algas: A) cianobacterias, B) diatomeas, C) algas verdes, D) algas rojas, E) algas pardas, F) algas carófitas (Fuente: Wikicommons).

¿Y dónde está la relación de las plantas con las algas?

Resulta que estos cambios no se quedaron en el agua con las algas, pues se teoriza que alguna especie parecida a Coleochaete (**Figura 2F**), del grupo de las algas carófitas, empezaron a invadir los espacios terrestres. De ahí, este proceso de evolución y cambios continuaron durante miles de años más. Este ancestro dio lugar a las antocerofitas, hepáticas y musgos (**Figura 3A**); más tarde aparecieron los helechos con los primeros tejidos vasculares (**Figura 3B**), las gimnospermas con las primeras semillas (**Figura 3C**) y, finalmente, las angiospermas que innovaron con flores y frutos (**Figura 3D**) (Vázquez, 2019).

Figura 3. A) Musgos, B) helechos, C) gimnospermas (árbol de pino), D) angiospermas (flor del valle) (Fuente: Wikicommons).

Pero así como pasó con las algas, los pigmentos también se diversificaron. No obstante, a partir de las plantas con flores, esta diversificación de los pigmentos fue mucho mayor ¿No lo crees? ¡Tan solo sal a un parque y mira a tu alrededor! Verás múltiples colores en las plantas. Cada hoja verde o amarillenta, y cada flor amarilla, rosa, magenta o incluso azul, tiene un pigmento característico.

Ahora que has conocido de dónde surgieron las algas y las plantas, así como de esta adquisición de pigmentos, queda preguntarnos... ¿qué tienen de especial estos pigmentos que tanto las algas como las plantas comparten?, ¿qué función cumplen? Eso lo averiguaremos en las siguientes secciones.

El Sol me alimenta

Hagamos un ejercicio de reflexión sobre el origen de todos los alimentos que consumimos. Antes de ello, tenemos que mencionar que los alimentos nos dan la energía para realizar las actividades diarias. Supongamos que en el desayuno comimos un par de huevos fritos con un vaso de leche, y en el almuerzo un trozo de carne con verduras y agua fresca de melón. Podemos dividir estos alimentos en dos grupos, los de origen animal y los de origen vegetal. Los huevos, la leche y la carne son producidos por las gallinas y las vacas, que, a su vez, también deben alimentarse para mantener esa producción. En general, los forrajes para gallinas y vacas están elaborados con cereales como el sorgo, el maíz o el mijo. En consecuencia, todo lo que comemos depende, en principio, de los alimentos de origen vegetal, lo que significa que toda la energía que asimilamos los humanos y otros animales proviene de las plantas.

Ahora abramos un paréntesis y pensemos en el oxígeno. Es importante porque casi todos los seres vivos tenemos mecanismos de respiración aerobia, esto es, que necesitamos oxígeno para respirar. La respiración es más que inhalar aire, este proceso es semejante a la combustión en la que, por ejemplo, el gas que usamos para cocinar (butano generalmente), libera su energía únicamente si está en presencia de oxígeno. Como resultado de este proceso se produce agua y dióxido de carbono. Nosotros también liberamos al ambiente estas moléculas cuando exhalamos porque son productos de la respiración aerobia. Lo

puedes comprobar cuando expeles tu **vaho** sobre un cristal, de inmediato ves como se empaña por el vapor de agua que exhalas.

¿Qué hay de común en la energía que almacenan los vegetales y el oxígeno que respiramos? Como vimos, ambos son fundamentales para la sobrevivencia de casi todas las formas de vida, incluida la nuestra. La respuesta está en un grupo de reacciones que surgieron hace 2300 millones de años (en aquel caldo primitivo que te contamos en la sección anterior del cual Aleksandr Oparin teorizaba), mismas que cambiaron todo el paisaje terrestre y dieron forma a la vida como la conocemos actualmente. A este conjunto de reacciones se les conoce con el nombre de fotosíntesis y para aprender su importancia debemos hacer un viaje en el tiempo, muy atrás, hasta el origen de la vida.

La Tierra se formó hace 4500 mda, y la fotosíntesis surgió 1500 mda después. La atmósfera de la Tierra antes de la fotosíntesis no contenía oxígeno; los gases dominantes eran el dióxido de carbono, el vapor de agua, el nitrógeno y en menor concentración, el monóxido de carbono y el metano. En esos gases estaban contenidos los elementos que forman la vida, pero para transformar esas moléculas inorgánicas en material orgánico y luego ensamblarlas en algún tipo de célula que pudiera reproducirse, era necesaria una fuente constante de energía. Se piensa que las fuentes de energía que dieron origen a la vida fueron los rayos de las tormentas eléctricas y los rayos ultravioletas provenientes del Sol que produjeron las primeras moléculas orgánicas (recuerden la teoría del caldo primitivo de Oparin y el experimento de Stanley Miller). Muchos millones de años después de aparecidas las primeras bacterias, un grupo de ellas comenzaron a utilizar la energía de la luz solar para producir sus alimentos e inventaron una fotosíntesis que no producía oxígeno, o sea, una fotosíntesis anoxigénica. Millones de años después aparecieron las cianobacterias, que al igual que sus ancestros, usaban luz del sol, pero a diferencia de ellos el producto final era el oxígeno. Esta novedad en la evolución de la vida fue tan exitosa que los organismos fotosintéticos se multiplicaron y expandieron, y muchos millones de años después ya el oxígeno era uno de los gases más importantes de la atmósfera e incluso se había difundido a los océanos.

Como viste anteriormente, la fotosíntesis dio paso a formas de vida más complejas y a la diversificación de los organismos autótrofos, que con el curso de los tiempos dieron origen a todas las plantas terrestres, entre ellas, a los cereales, verduras y frutas que permiten la existencia de toda la diversidad de vida animal sobre nuestro planeta.

La fotosíntesis nos otorga el alimento transformado en verduras, leche, huevos, carne y todos los derivados que te vengan a la mente. También nos da el oxígeno, el elemento que permite que extraigamos la energía química contenida en esos alimentos. A su vez, la fotosíntesis depende de la luz solar, y es así como el Sol nos ha alimentado desde que surgimos como especie (**Figura 4**).

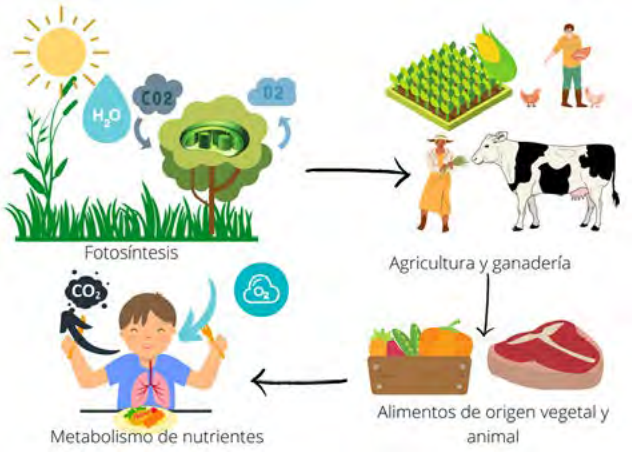


Figura 4. Diagrama de «El Sol me alimenta».

¿Mi color importa?

Como ya sabes, dentro de las algas y las plantas existe una diversidad de colores dados por los pigmentos. Pero, ¿alguna vez te has preguntado por qué existen tantos? ¿Por qué la planta que solemos ver en el parque es verde? ¿Por qué el alga que solemos ver flotando en el mar es café? ¡Ahora tendrás la respuesta!

Como ya viste en la primera sección, el por qué cada alga y planta presenta un color en específico tiene una explicación. Todo empieza con el espectro electromagnético, con una fracción muy pequeña que comprende longitudes de onda que van de los 400 a 750 nm, la cual es conocida como luz visible y que el ojo humano puede ver.

Para ponernos en contexto, la luz que emite el Sol la percibimos como blanca, pero en realidad esta se encuentra compuesta por varios colores. Cada color está asociado a una longitud de onda en este espectro visible (por ejemplo, el rojo se encuentra entre el 680-750 nm, el verde entre el 500 y 550 nm, el azul entre 400-480 nm, etc.).

Esta luz del espectro son los colores que vemos en los arcoíris o también en la foto del álbum de Pink Floyd, *The Dark Side of the Moon*. ¿En dónde más encontramos estos colores? En efecto, muchos de ellos los vemos en las algas y plantas, y como ya sabes, todo es gracias a los pigmentos.

¿Entonces qué tienen que ver los pigmentos con las longitudes de onda y el espectro de luz visible? Pues bueno, los pigmentos son moléculas que permiten que nuestros organismos fotosintéticos absorban la luz de ciertas longitudes de onda, pero siempre van a reflejar un color que el pigmento no pueda absorber. Este color reflejado es el que nosotros percibimos. En un ejemplo, supongamos que tenemos una hoja verde que tiene clorofila *a* (color que en el espectro de luz visible va entre los 500-550 nm); esta hoja al absorber la luz lo hará en el rango de los violetas-azules (400~500) y en el de los amarillos-rojos (550~750). ¿Qué color refleja entonces? Así es, el verde (**Figura 5**) (Nuñez et al, 2010).

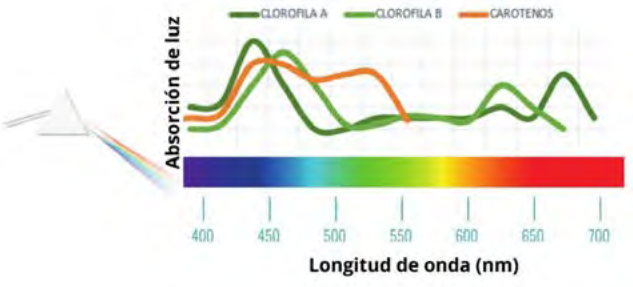


Figura 5. Absorción de luz de los pigmentos fotosintéticos.

Como ya sabes, en el mundo vegetal existen múltiples pigmentos con una gran diversidad de colores. En ocasiones las algas y plantas pueden tener solo uno, y en muchas otras pueden tener la combinación de varias (Abbayes et al., 1989). De forma general, estos pigmentos son:

- **Clorofila**, puede haber clorofilas de los tipos *a*, *b*, *c* y *d* (que tienen colores verdes).
- **Carotenos**, que tienen colores naranjas.
- **Xantófilas**, donde se encuentra luteína, zeaxantina, violaxantina, fucoxantina, peridinina, mixoxantina, mixoxantófila.
- **Bilicromoproteidos**, donde se encuentra r-ficoeritrina, r-ficocianina,c-ficoeritrina, c-ficocianina.

Ya te estás imaginando qué pigmento encontramos en mayor cantidad en las algas y las plantas. Sí, es la clorofila *a*. Pero puede ser que te imagines un alga y no la pienses siempre de este color. Como puedes ver, Pablo *Dictyota* es de color pardo (o café), pero eso no significa que no cuente con alguna clorofila. Pues Pablo *Dictyota* tiene la combinación de la clorofila *a* y fucoxantina, siendo esta última la que le da su color característico.

Es importante que sepas que muchos pigmentos se llaman «pigmentos accesorios», porque absorben luz en longitudes de onda en la que la clorofila *a*, el pigmento más importante, no lo puede hacer. Los pigmentos como la clorofila y los carotenos participan en el proceso de fotosíntesis (del que hablamos en la sección anterior). A estos pigmentos los llamaremos «pigmentos fotosintéticos». La clorofila tiene la mayor actividad fotosintética, pues tiene la capacidad de capturar la energía de la luz y transformarla en energía química. Los carotenoides también captan la energía lumínica, pero también ayudan en disipar la energía de la luz excedente en forma de calor y así evitar daños importantes a los mecanismos fotosintéticos, pues pueden generar blanqueamiento en las hojas y de este modo provocar que la fotosíntesis no se realice de forma correcta.

El estrés ambiental, como la falta de agua o nutrientes, puede cambiar el contenido de estos pigmentos en las algas y las plantas, pero en general, la cantidad de pigmentos está relacionada con la cantidad de luz que reciben ¡Por eso hay plantas de sombra y plantas de luz!

Las plantas de sombra tienen una coloración verde más intensa porque deben de compensar la poca luz que reciben en los ambientes en los que evolucionaron. Asimismo, las algas que crecen a mayor profundidad en los lagos o en las costas, deben de tener mayor cantidad de pigmentos para capturar la luz que llega hasta el fondo. Hay que recordar que la luz en el agua se extingue exponencialmente. Cuando aumenta la cantidad de luz a la que están expuestas las plantas, son otros pigmentos, los pigmentos fotoprotectores, los que aumentan su concentración. Por ejemplo, cuando nosotros pasamos mucho tiempo expuestos a la luz solar, nuestra piel produce un pigmento fotoprotector, la melanina, para protegernos de los daños que puedan causarnos los rayos solares, en particular, la radiación ultravioleta.

También es posible que las plantas pierdan el color verde que las caracteriza. ¿Alguna vez has notado que las hojas de alguna planta de tu casa van cambiando de color hasta ser amarillas? A esta condición se le llama **clorosis** y sucede porque la clorofila disminuye, lo que a su vez nos está indicando que hay un problema con la planta, como pudiera ser la falta de nutrientes (Casierra et al., 2012).

QUIZ

¡Investiga en internet y subraya la respuesta correcta!

1. ¿Cuál de las siguientes algas posee clorofila *b*?

a) Alga roja b) Alga verde c) Alga parda

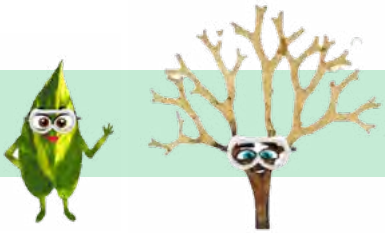
2. Molécula que absorbe luz y presenta color.

a) ATP b) Pigmento c) Glucosa

3. Son pigmentos fotosintéticos.

a) Clorofila y carotenos b) Antocianina

c) Flavonoides y carotenoides



Actividad 1. ¡Vamos a extraer pigmentos!

Pregunta de investigación

¿Se pueden separar los colores de las algas y las plantas?

Objetivo

Extraer los pigmentos de las algas y las plantas, y separarlos en un papel.

Materiales

- 2 palos delgados de madera.
- 10 tiras de papel opalina de 13 x 2.5 cm.
- 10 ligas.
- 1 cúter.
- 6 hilos de 40 cm.
- 1 caja de cartón de 15 x 20 cm, aproximadamente.
- 1 plastilina de cualquier color.
- 5 vasos de vidrio de 125 ml.
- Hojas de diferentes colores, tamaños y formas.
- 150 ml de acetona blanca o alcohol al 70%.
- Molcajete (si no tienes puedes usar un vaso de cristal y un plato).
- Gafas de protección.
- Cubrebocas.

Desarrollo

1. Pasos para hacer el soporte universal.

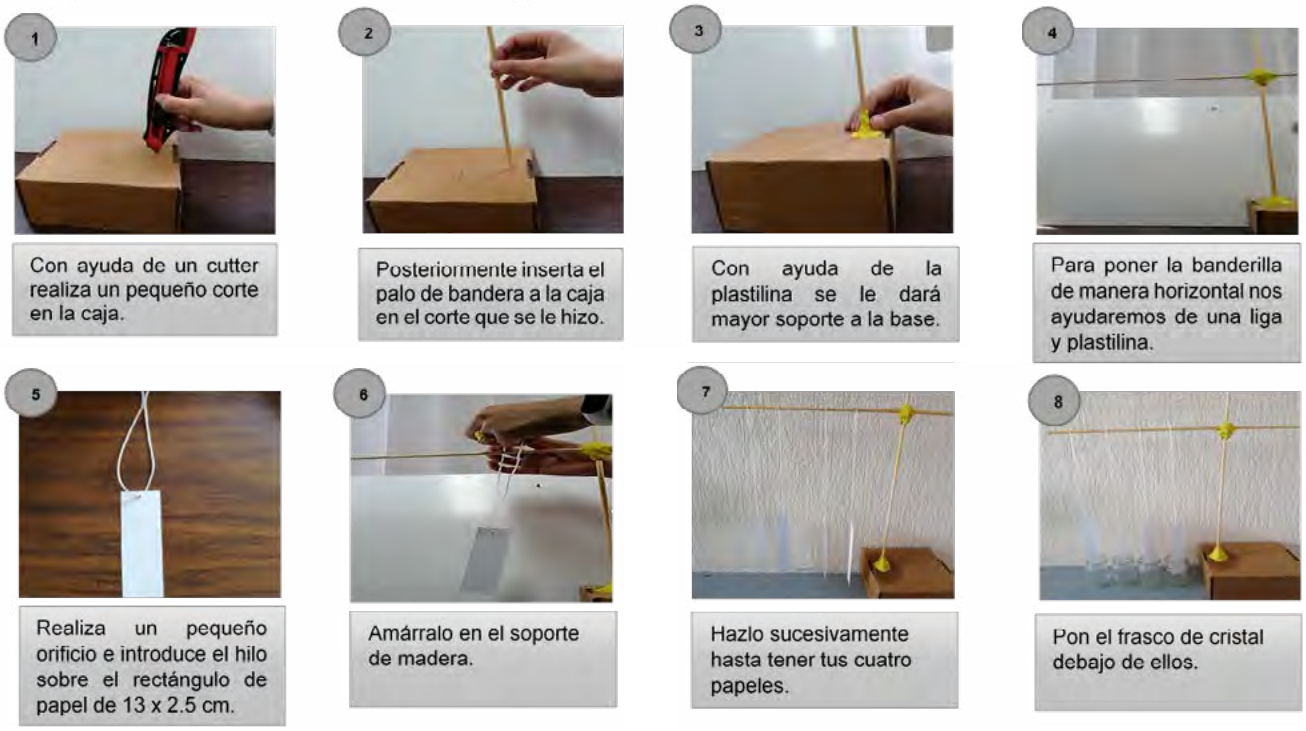


Figura 6. Proceso para elaborar el soporte.

2. Metodología para extraer los pigmentos.

Paso 1
Recolecta el material vegetal al que desees realizarle la extracción de sus pigmentos. Pueden ser hojas de diferentes colores y tamaños.

Paso2
Con ayuda de una tijera, recorta en pedazos pequeños el material vegetal y colócalo cobre una superficie donde pueda ser triturado (molcajete o mortero).

Paso3

Con ayuda de un pistilo, cuchara u objeto que te permita triturar, muele el material vegetal. Colócale acetona o alcohol (solvente) para lavar la base.

Paso 4
Repite el Paso 3 y agrégale más solvente. Sigue triturando hasta que la acetona quede de color verde.

Paso 5
Finalmente, el excedente verde (sin el material triturado) colócalo sobre vasos de vidrio de aproximadamente 125 ml (por lo menos 5 muestras).

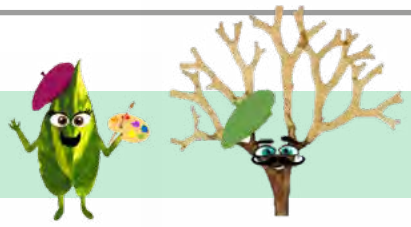
Paso 6
En cada uno de los vasos donde colocaste el solvente con una coloración verde, colócale con ayuda del soporte universal casero los papeles opalina de 13 x 2.5 cm. Dejar reposar por 8 horas.

Actividad extra

Encuentra las siguientes palabras en la sopa de letras:

- *Alga*
- *Planta*
- *Cromatografía*
- *Clorofila*
- *Pigmento*
- *Fotosíntesis*
- *Carotenoide*

C	A	R	O	T	E	N	O	I	D	E	B	I
R	R	I	V	S	C	A	B	N	H	K	T	E
A	F	O	T	O	S	I	N	T	E	S	I	S
Q	E	N	M	V	A	N	F	T	S	P	N	C
P	R	I	F	A	E	O	S	I	P	G	J	O
I	V	A	E	L	T	U	R	C	L	E	R	I
G	Ñ	O	H	G	V	O	R	S	A	S	I	P
M	M	J	R	A	U	I	G	L	N	T	S	R
E	I	K	S	R	N	S	E	R	T	O	A	O
N	B	Q	E	B	R	F	R	M	A	R	U	F
T	E	G	U	P	A	Q	Y	N	R	F	D	S
O	Y	J	F	E	L	H	U	B	I	N	I	O
R	M	I	H	C	L	O	R	O	F	I	L	A



Actividad 2. Usos industriales de los pigmentos

Los colores hacen ver las cosas más atractivas. ¿Alguna vez te has puesto a pensar cómo existen diferentes colores de merengue para los pasteles? Un pastel blanco es elegante, pero para poder añadirle flores, figuras y otros adornos, se emplean colorantes vegetales. Aunque actualmente la mayoría de los colorantes para los alimentos procesados son elaborados por compuestos químicos sintéticos, los extractos acuosos de los pigmentos vegetales naturales tienen la misma función de brindar color.

Por ejemplo, de las zanahorias y calabaza se puede obtener los betacarotenos (color naranja); del tomate y pimiento rojo se extraen el licopeno (color rojo); y de espinacas y brócoli podemos obtener clorofila (color verde).

En la península de Yucatán se utiliza el recado rojo (en otros lugares se le llama achiote) para hacer diferentes platillos o simplemente marinar la carne para que obtenga una coloración más rojiza, además de que la hace más sabrosa. Por otra parte, los pigmentos vegetales tienen importancia nutricional, por ejemplo, los pigmentos carotenoides son precursores de la vitamina A y tienen propiedades antioxidantes (Meléndez-Martínez et al., 2004). Tal vez tu abuelita o tu mamá te han dicho que debes de comer zanahoria para mejorar tu vista, y si es cierto, además de que puedes reducir el riesgo a presentar cáncer (por la actividad antioxidante).

El uso de los pigmentos en la industria alimentaria, textil y cosmética, entre otras, se ha realizado por muchos años. Por ejemplo, el árbol llamado *Haematoxylum campechianum* (palo de Campeche o palo tinte) fue usado principalmente por nuestros antepasados en la península de Yucatán para teñir de rojo prendas de vestir. Además, aunque parezca extraño, los pigmentos también son usados en las áreas de Biología y Medicina. Por ejemplo, la tinción hematoxilina-eosina (la hematoxilina proviene del palo tinte) es usada en histopatología (detección de enfermedades mediante el análisis de los tejidos teñidos) para identificar los núcleos celulares, visualizar las diferencias entre las células y detectar enfermedades relacionadas con anormalidades celulares como el cáncer (Santos-Vidal, 2017).

Para poder entender una de las utilidades de los pigmentos vamos a realizar un experimento con la col morada, la cual tiene un pigmento color azul-morado llamado antocianina. La estructura y coloración de las antocianinas varían de acuerdo con el pH (Heredia-Avalos, 2006).

Figura 8. Escala de pH de la col morada (repollo morado).

Por lo tanto, el extracto del pigmento de la col morada puede utilizarse como un indicador de pH natural.

¿? Pregunta de investigación

¿Qué otra utilidad puede tener los pigmentos?

Objetivo

Determinar el efecto del pH en el pigmento de la col morada.

Materiales

- 1 col morada.
- 100 ml de alcohol al 70%.
- 1 vaso con 250 ml de vinagre.
- Jugo de 3 limones diluidos en un vaso con 250 ml de agua.
- Solución de bicarbonato de sodio en un vaso de 250 ml.
- Solución de jabón en un vaso de 250 ml.
- Tabla para cortar, cuchillo, y mortero.
- 5 vasos trasparentes.
- Un gotero.

Desarrollo

1. Corta pedazos pequeños de la col morada. Colócalos en un mortero (si no tienes, puedes usar un plato hondo y un vaso), añade un poco de alcohol (50 a 100 ml, aproximadamente) y tritura la col morada. Podrás visualizar como el alcohol se torna de color morado.

Figura 8. Procedimiento para extraer el pigmento de la col morada.

2. En los vasos transparentes añade una sustancia por vaso: vinagre, jugo de limón, agua, solución de bicarbonato de sodio y solución de jabón en polvo. Puedes experimentar con otras sustancias, como la lejía, zumo de naranja, entre otros.

3. Añade entre 3 y 5 ml del extracto en cada solución. Anota el color obtenido y si corresponde a un pH ácido o básico.

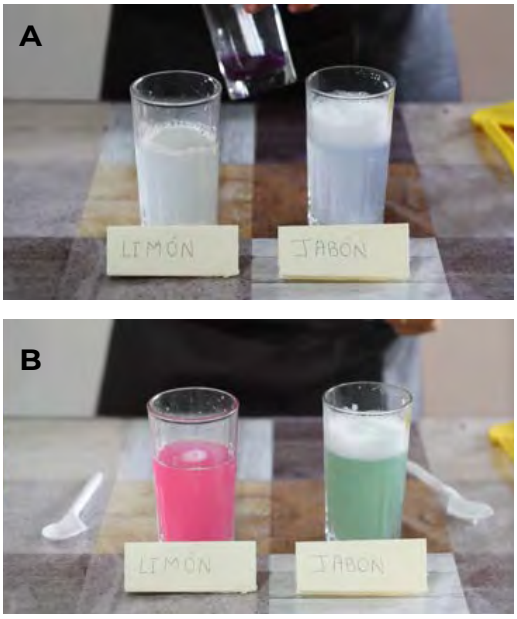


Figura 9. A) Antes del indicador de pH. B) Después de la aplicación del indicador (pigmento de la col morada).

Conclusiones

Podemos concluir que los pigmentos son moléculas muy divertidas, son importantes en las plantas debido a los procesos fotosintéticos, pero además los podemos utilizar para desarrollar procesos útiles a la humanidad. Como nota curiosa, la ciencia que utiliza organismos biológicos y biomoléculas para elaborar productos y/o realizar procesos se llama Biotecnología. Te invitamos a que sigas investigando sobre los pigmentos naturales.

Actividad extra

Contesta el crucigrama.

VERTICALES

1. Aplicación de los pigmentos en la industria de la belleza.

3. Proceso que usan las plantas para la generación de su alimento utilizando como fuente principal la luz solar.

4. Son el conjunto de hojas que forma la estructura de una planta terrestre.

5. Es la pérdida de color del tejido de una planta o alga.

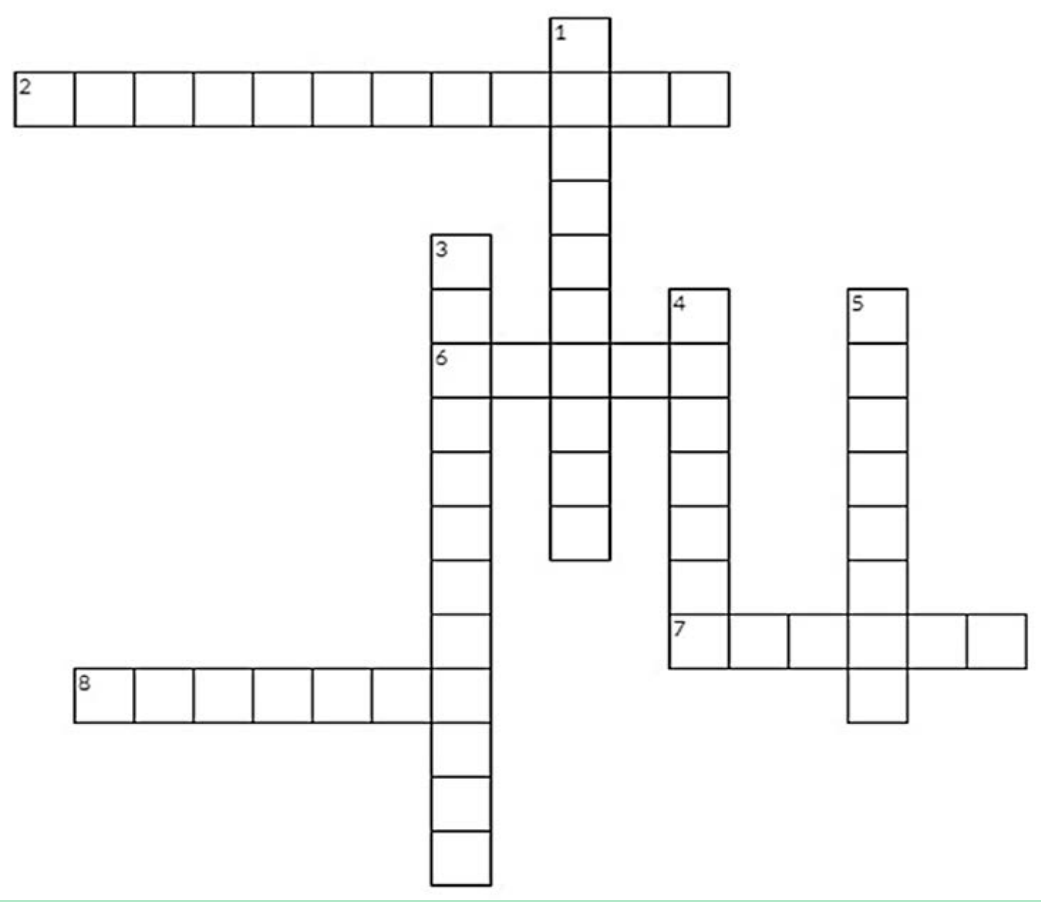
HORIZONTALES

2. Pigmento más abundante que tiene una planta o macroalga.

6. Estructura de soporte de una planta terrestre.

7. Estructura de soporte de una macroalga.

8. Tiene forma de raíz, pero no lo es, y su función principal sirve para adherirse a un sustrato.



CONCLUSIÓN GENERAL

Hemos finalizado el capítulo y aprendimos muchísimo, ¿no crees? Primero identificamos las diferencias y similitudes que tienen las algas y las plantas, además de que realizamos un viaje en el tiempo al conocer sobre sus orígenes. Después comprendimos la importancia de la fotosíntesis, no solo para las algas y las plantas, sino también para nuestros alimentos.

En otra sección entendimos por qué cada alga y cada planta tienen su respectivo color, conociendo los diferentes pigmentos. Aprendimos cómo los pigmentos fotosintéticos son utilizados en la vida diaria y en la industria. Es importante que sigas investigando y leyendo para saber más sobre el tema.

Por ahora. Lola *Lahoja* y Pablo *Dictyota* te felicitan por seguir aumentando tu conocimiento y curiosidad. ¡Descubre el mundo que es tuyo!

SOBRE LOS AUTORES

La **Ing. Jimena Beatriz Peraza Alvarado** es ingeniera ambiental. Durante su niñez pasó mucho tiempo en el mar, por lo que creció con un aprecio y curiosidad hacia él. Tiempo después conoció sobre los trabajos de la bióloga Silvya Earle y supo que quería dedicarse a estudiar y proteger el mar.

El **M. C. Benjamín Delgado Pech** es ingeniero ambiental con maestría en Ciencias del Agua; estudia las interacciones de los organismos en los ecosistemas costeros, principalmente de las micro y macroalgas marinas. Le gusta realizar buceo científico y trabajar con microscopios. Actualmente labora como Técnico Académico del Laboratorio de Ecología Costera del Centro de Investigación Científica de Yucatán.

La **Ing. Eunices Arely Hernández de la O** es biotecnóloga y le fascina la microbiología. Le gusta relacionar los aspectos sociales con el medio ambiente y la conservación. Actualmente estudia la maestría en Ciencias del Agua del CICY.

El **Lic. Juan M. Arana Ravell** es un biólogo entusiasta de conocer la diversidad de las microalgas y la estructura de sus comunidades en la península de Yucatán. Cuando estaba en secundaria ingresó al programa «Raíces Científicas» de la Secretaría de Investigación, Innovación y Educación Superior de Yucatán (SIIES), y hasta el momento, en el que es estudiante de maestría, busca concretar sus sueños de ser un científico.

La **Ing. Jocelyne Dayanna Frías Hernández** es ingeniera ambiental. Actualmente estudia la maestría en Ciencias del Agua en el CICY. «Cuando tenía tu edad, el mundo me parecía como una caja de sorpresas: fascinante y misterioso, pero muy complejo. Justo ahí mi curiosidad por entender cómo funcionaba el mundo creció, así como mi amor por conservar la belleza del mundo, la naturaleza».

El **Dr. Antonio Almazán Becerril** es biólogo egresado de la UNAM y trabaja con ecología de autótrofos. Estudia, junto con su alumnado, a las algas y microalgas de la costa del Caribe y de los cenotes de la península de Yucatán. Actualmente labora como académico en el Centro de Investigación Científica de Yucatán. «Cuando estaba en la secundaria me encantaban los acuarios, pensaba que sería padre hacerme pequeño y nadar junto a los peces».

GLOSARIO

Cianobacterias: bacterias procariontes que tienen la capacidad de realizar fotosíntesis debido a que cuentan con clorofila-*a*. Las podemos encontrar en aguas dulces, saladas y salobres.

Clorosis: pérdida de color de una planta o alga, asociada a la disminución de la clorofila.

Cromatografía de papel: método de separación de los componentes de una mezcla que se realiza de acuerdo con la afinidad de una fase móvil (solvente) y una fase estacionaria (papel).

***Dictyota*:** género de macroalga de color café de la clase Phaeophycae, orden Dictyotales y familia Dictyotaceae. Su distribución es casi mundial, predominando en aguas tropicales a templadas; su abundancia es mayor en los sistemas arrecifales. Su crecimiento es por meristemos apicales con diferentes formas, truncada, ovalada o aguda y su ramificación es principalmente dicotómica.

Eucariotas: organismos que presentan células con núcleo donde se encuentra el ADN. Existen dos tipos: célula eucariota animal y vegetal.

Fotosíntesis: es el proceso por el cual los organismos fotosintéticos transforman la luz solar en energía química.

Pigmentos accesorios: son aquellos que tiene la capacidad de absorber luz en otras longitudes de onda de la luz blanca diferentes a la de la clorofila-*a*.

Pigmentos fotosintéticos: son los encargados en absorber la luz solar para el proceso de fotosíntesis en las plantas y algas.

Procariotas: células que no cuentan con núcleo celular, por lo que el material genético es más simple; ejemplos son las bacterias y cianobacterias.

Vaho: vapor que suelta un cuerpo en determinadas circunstancias.

REFERENCIAS

Abbayes H., Chadefaut, M., Feldmann, J., De Ferré, Y., Gaussen, H., Grassé, P., & Prévot, A. (1989). Bioquímica. En *Botánica. Vegetales inferiores: Vegetales inferiores* (129-131). Barcelona: Reverté S.A.

Casierra, F., Ávila, O., & Riascos, D. (2012). Cambios Diarios de contenido de pigmentos fotosintéticos en hojas de caléndula bajo sol y sombra. *Revista Unicordoba*. https://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/temasagrarios/article/view/697/813

Heredia-Avalos, S. (2006). Experiencias sorprendentes de química con indicadores de pH caseros. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(1), 89-103. https://www.redalyc.org/pdf/920/92030108.pdf

Manrique, E. (2003). Los pigmentos fotosintéticos, algo más que la captación de luz para la fotosíntesis. *Ecosistemas 2003/1*. https://www.researchgate.net/publication/26495184_Los_pigmentos_fotosinteticos_algo_mas_que_la_captacion_de_luz_para_la_fotosintesis.

Meléndez-Martínez, A., Vicario, I., & Heredia, F. (2004). Importancia nutricional de los pigmentos carotenoides. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 54(2), 149-155. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222004000200003&lng=es&tlng=es.

Nuñez, M., Baez, J., Castañeda, M., & Heredia, J. (2010). Pigmentos extraídos de plantas del estado de Nuevo Leon. En *De la lechuguilla a las biopelículas vegetales. Las plantas útiles de Nuevo León* (245-265). Monterrey, Nuevo León, México: Universidad Autónoma de Nuevo León.

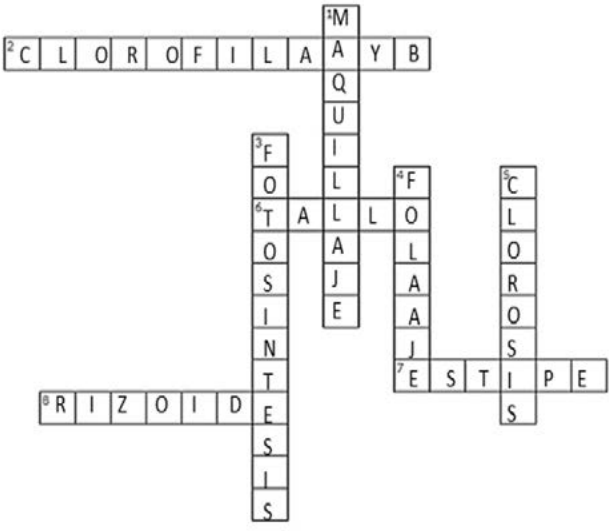
Santos Vidal, S. (2017). *Tinción Hematoxilina-Eosina*. Master Thesis, Universidad Nacional de Educación a Distancia (España). Facultad de Ciencias. Departamento de Química Orgánica y Bio-Orgánica. http://e-spacio.uned.es/fez/view/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Ssantos

Vázquez, E. (2019). De la endosimbiosis a las primeras plantas terrestres. *Revista Saber más*. https://www.sabermas.umich.mx/archivo/articulos/370-numero-43/686-de-la-endosimbiosis-a-las-primeras-plantas-terrestres.html, recuperado el 04 de mayo del 2022.

RESPUESTA DE LOS EJERCICIOS

Quiz: 1. C, 2. B, 3. A

C	A	R	O	T	E	N	O	I	D	E	B	I
R	R	I	V	S	C	A	B	N	H	K	T	E
A	F	O	T	O	S	I	N	T	E	S	I	S
Q	E	N	M	V	A	N	F	T	S	P	N	C
P	R	I	F	A	E	O	S	I	P	G	J	O
I	V	A	E	L	T	U	R	C	L	E	R	I
G	Ñ	O	H	G	V	O	R	S	A	S	I	P
M	M	J	R	A	U	I	G	L	N	T	S	R
E	I	K	S	R	N	S	E	R	T	O	A	O
N	B	Q	E	B	R	F	R	M	A	R	U	F
T	E	G	U	P	A	Q	Y	N	R	F	D	S
O	Y	J	F	E	L	H	U	B	I	N	I	O
R	M	I	H	C	L	O	R	O	F	I	L	A



9P

Captura de CO_2

Dr. Juan Carlos Chavarría Hernández

Dr. Luis Orlando Polanco Vásquez

Unidad de Energía Renovable

Descripción

Las y los estudiantes realizarán un experimento para generar dióxido de carbono (CO_2) y, posteriormente, capturarlo. Aprenderán las ecuaciones de las reacciones químicas a realizar y se relacionarán los conocimientos adquiridos con la captura de CO_2 como una importante medida para afrontar el cambio climático.

Objetivo

Que las y los estudiantes aprendan que es posible capturar el CO_2 del ambiente y cómo se relaciona esto con el combate al cambio climático.

Materia afín

- Química en la vida cotidiana.
- Conservación del medio ambiente.
- Universo natural.
- Impacto de la ciencia y la tecnología.

¿Qué vas a aprender?

- CO_2 y otros gases de efecto invernadero.
- Aplicación de los pasos del método científico: observación, hipótesis, experimentación y análisis.
- Ecuaciones químicas de las reacciones realizadas.
- Qué es la captura de carbono.
- Aplicación de la captura de carbono para combatir el cambio climático

Pregunta inicial

¿Es posible retirar el exceso de CO_2 que está en el ambiente, la causa principal del cambio climático?

PANORAMA GENERAL DEL TEMA

Como seguramente has escuchado, existen los denominados gases de efecto invernadero, conocidos también por sus iniciales como **GEI**. El más conocido y más abundante es el **dióxido de carbono** (CO_2), pero no es el único; el óxido nitroso (N_2O) y el metano (CH_4) son otros ejemplos de los GEI, además de otros tantos de los que te invito a investigar para saber cuáles son (Ballesteros et al., 2007).

Los GEI están presentes en la atmósfera de nuestro planeta, es decir, en el aire, y son llamados así porque atrapan el calor permitiendo que la temperatura del ambiente aumente, de manera similar a como sucede en el interior de un invernadero para cultivar plantas. Por esta razón, los GEI son fundamentales para que pueda existir la vida en la Tierra tal y como la conocemos, de la misma manera que un invernadero hace posible el crecimiento de las plantas que son cultivadas en él. Es decir, es bueno que los GEI, y en particular el CO_2, estén presentes en la atmósfera, ya que ayudan a mantener la temperatura del ambiente una vez que el Sol se ha metido. Pero, ¿qué pasa si la concentración de los GEI aumenta más allá de los valores que han tenido durante miles de años?

Sabemos que las actividades realizadas por todas las personas que vivimos en el planeta, quienes por cierto somos cada vez más, resultan en emisiones de GEI a la atmósfera, por lo que la concentración de los gases ha ido aumentando, sobre todo a partir de la llamada Revolución Industrial que inició en el siglo XIX (Guilyardi et al., 2019). El aumento de los GEI ha provocado un incremento de la temperatura global del planeta y, en consecuencia, ha desencadenado cambios en los climas de las diferentes regiones del mundo, a lo que se hace referencia de manera general como **cambio climático**. Esto se esquematiza en la **Figura 1**.

Figura 1. Representación del cambio climático ocasionado por las emisiones de los GEI.

De acuerdo con un reporte publicado en el 2021 por parte del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (**IPCC**), científicos y científicas de muchos países que se dedican a estudiar estos temas, han encontrado que el cambio climático está ocurriendo más pronto de lo que habían pronosticado y han alertado a los gobiernos y a la población en general a actuar urgentemente para reducir las emisiones de GEI a la atmósfera (Masson-Delmotte et al., 2021).

El cambio en los patrones climáticos afecta directamente el equilibrio de la naturaleza, lo cual implica grandes riesgos para los seres humanos, pero también para todas las formas de vida presentes en nuestro planeta. Algunos ejemplos de los efectos del cambio climático incluyen tormentas más intensas y frecuentes, las cuales pueden provocar inundaciones y corrimientos de tierra; el derretimiento de los polos y el consecuente incremento del nivel del mar, la extinción de especies, migraciones masivas, así como la aparición de enfermedades en regiones donde antes no se presentaban, entre otras muchas consecuencias (Pörtner et al., 2022).

Por ello es urgente que los gobiernos, empresas y sociedad en general tomemos medidas para reducir las emisiones de los GEI. Sin embargo, los cambios que se requieren para lograr esto se irán implementando de manera gradual. Ante esta situación, algunos científicos han propuesto retirar o capturar parte del CO_2 que ya hemos emitido a la atmósfera y de esa manera reducir su concentración. A esto se conoce como **captura de carbono**, pues como sabes el CO_2 es una molécula que tiene un átomo de dicho elemento.

Hay dos posibles cosas que se propone hacer con el CO_2 capturado, una es almacenarlo en el subsuelo, bajo una capa rocosa hermética para evitar que escape nuevamente hacia la atmósfera. A esto se le conoce como «captura y almacenamiento de carbono» o CCS por las iniciales en inglés de *carbon capture and storage* (Bui et al., 2018). La otra opción es utilizar el CO_2 capturado para producir diferentes bienes, incluyendo combustibles, plásticos, así como sustancias como el metanol que sirve de partida para la síntesis de muchos productos en diferentes industrias. A esto se le conoce como «captura y uso de carbono» o CCU por las iniciales en inglés de *carbon capture and utilization* (Baena-Moreno et al., 2019). Ambas opciones están representadas en la **Figura 2**.

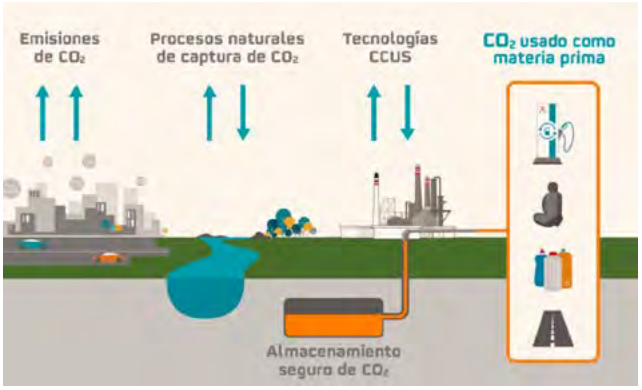


Figura 2. Captura, almacenamiento y uso del CO_2 (El País:https://cincodias.elpais.com/cincodias/2021/11/02/extras/1635856295_210373.html).

PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

En este proyecto aprenderás, a partir de una experimentación sencilla, que el CO_2 es un gas que puede ser capturado, es decir, retirado de la fase gas al hacerlo reaccionar con otra sustancia.

En la primera parte del experimento llevarás a cabo una reacción química para generar CO_2, y en la segunda harás una más para capturar lo previamente generado. Deberás tomar las debidas precauciones, ya que utilizarás algunos materiales irritantes.

Asimismo, revisaremos las ecuaciones de las reacciones químicas que vas a llevar a cabo. Los conocimientos y la experiencia adquirida te permitirán comprender mejor por qué muchos científicos y científicas hoy en día están trabajando para mejorar los procesos de captura del CO_2 del ambiente y, de esa manera, contribuir en la lucha contra el cambio climático.

El manual que estás leyendo fue redactado por académicos del Laboratorio de Síntesis de la Unidad de Energía Renovable del CICY, y la metodología se desarrollará aplicando el método científico, empleando materiales fáciles de conseguir en casa o en una ferretería.

DESARROLLO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Generación de CO_2

Como hemos dicho, el objetivo de este proyecto es demostrar la captura de CO_2, pero para poder hacerlo, primero vamos a necesitar generarlo de manera concentrada. Esto quiere decir que necesitamos crear un volumen prácticamente puro para que el proceso de captura sea muy evidente durante la segunda parte del experimento.

Para ello, vamos a realizar una reacción química en la cual se formará CO_2 en forma de gas. Utilizarás **vinagre** y **bicarbonato de sodio** como reactivos, formando como productos de reacción dióxido de carbono, agua y acetato de sodio. Es importante saber que el vinagre tiene entre el 3 y 5% de ácido acético, y el resto es agua casi en su totalidad. En nuestro caso, el reactivo que nos interesa es esa pequeña cantidad de ácido acético que contiene, ya que es el componente que reaccionará con el bicarbonato de sodio, de acuerdo con la siguiente ecuación química:

$$CH_3COOH + NaHCO_3 \rightarrow H_3COONa + H_2O + CO_2 \quad (1)$$

En la ecuación (1), CH_3COOH es el ácido acético, $NaHCO_3$ es el bicarbonato de sodio, CH_3COONa es el acetato de sodio, H_2O es agua y CO_2 el dióxido de carbono, el producto que deseamos obtener en esta reacción.

Captura de CO_2

En esta parte del experimento será muy importante que sigas las medidas de seguridad indicadas porque trabajarás con **sosa cáustica**, un reactivo altamente corrosivo e irritante. Además, al agregar sosa cáustica al agua ocurrirá una liberación de calor importante, por lo que también deberás tener precauciones para evitar sufrir quemaduras.

La sosa cáustica, cuyo nombre químico es hidróxido de sodio y su fórmula química es NaOH, es un reactivo que al estar en contacto con agua o la humedad del aire, reacciona fácilmente con el CO_2 del ambiente. No obstante, con la finalidad de hacer muy evidente la absorción del CO_2 realizaremos el experimento en el interior de una botella llena con dióxido de carbono previamente generado.

La reacción química que realizarás está dada por la siguiente: ecuación

$$CO_2 + 2\ NaOH \rightarrow Na_2CO_3 + H_2O \qquad (2)$$

Esta ecuación nos dice que una molécula de CO_2 reacciona con dos moléculas de hidróxido de sodio (NaOH) para producir una molécula de carbonato de sodio (Na_2CO_3) y una molécula de agua (H_2O).

Es decir, el CO_2 que inicialmente ocupa casi todo el volumen de la botella, pasará a formar parte de una sal de sodio (Na_2CO_3), que al estar en presencia de agua estará parcial o totalmente disociada, es decir, como iones Na^+ e iones CO_3^{2-}.

Es importante que sepas que en las investigaciones actuales sobre la captura de CO_2 para el combate al cambio climático, en lugar de hidróxido de sodio, usualmente se usan unos compuestos llamados aminas (Yu et al., 2012), las cuales tienen una gran capacidad para absorber el CO_2, ya sea directamente del ambiente o de una corriente altamente concentrada en dióxido de carbono, como puede ser el escape de gases de combustión de un proceso industrial.

Sin embargo, el principio es similar al de la experimentación que realizarás, ya que se toma el CO_2 de la fase gas, el cual pasa a formar parte de la fase líquida y/o de la fase sólida. En las investigaciones sobre la captura, almacenamiento y utilización del CO_2, este es liberado de las aminas de manera controlada para su posterior almacenaje (CCS) o para hacerlo reaccionar (CCU) y generar una diversidad productos.

Pregunta de investigación

¿De dónde proviene el CO_2 gaseoso que se forma en la reacción? y ¿a dónde se va el CO_2 que es sustraído de la fase gas?

Objetivo

Llevar a cabo una reacción química usando materiales accesibles, en la cual se genere CO_2 en forma de gas, y capturarlo en el interior de una botella de plástico.

Materiales

En la **Figura 3** se muestran los materiales que emplearemos para realizar el experimento completo.

Para la generación de CO_2

- ¼ de taza de vinagre blanco o de manzana (el que tengas).
- 2 cucharadas de bicarbonato de sodio.
- Una botella PET vacía.
- Un globo.
- Una cuchara desechable.
- Una manguera de ¼ de pulgada de diámetro, de unos 20 cm de longitud.
- Cubrebocas.

Para la captura de CO_2

- Una botella de agua de plástico con tapa.
- Dos cucharadas de sosa cáustica (NaOH) (puedes comprarla en la ferretería).
- ¼ de taza de agua.
- Guantes de látex.
- Lentes de protección.
- Cubrebocas.

Figura 3. Materiales por emplear en el experimento completo (formación y captura de CO_2).

Desarrollo

1. Agrega ¼ de taza de vinagre en una botella PET, como se muestra en la **Figura 4**.

Figura 4. Agrega aproximadamente ¼ de taza de vinagre en una botella PET.

2. A continuación, haz una pequeña perforación del globo en el extremo opuesto a la boquilla por donde se infla, y luego introduce la manguera a través de la perforación, como se muestra en la **Figura 5**.

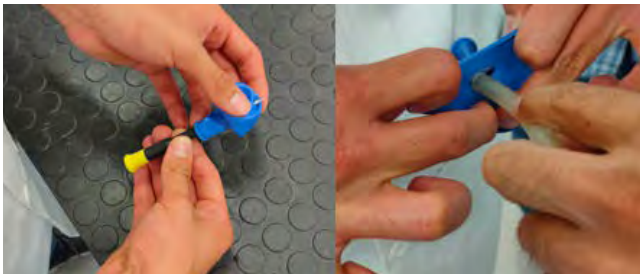


Figura 5. A la izquierda, perforación del globo con un objeto puntiagudo y, a la derecha, introducción de la manguera a través de la perforación.

3. Ahora abre cuidadosamente la boca del globo y agrega dos cucharadas de bicarbonato de sodio, cuidando que no se introduzca por la manguera, como se muestra en la **Figura 6**. Es recomendable realizar la actividad entre dos personas.

Figura 6. Agregar dos cucharadas de bicarbonato de sodio al globo, sin que se introduzca en la manguera.

4. Abre la boca del globo con cuidado y tapa la botella que tiene vinagre, cuidando que el bicarbonato no caiga dentro de la botella, como se muestra en la **Figura 7**. Se recomienda realizar este paso entre dos personas.

Figura 7. Colocación correcta del globo, evitando que el bicarbonato de sodio que contiene caiga dentro de la botella.

5. En la otra botella de PET, agrega ¼ de taza de agua de la llave, como se muestra en la **Figura 8**.

Figura 8. Agregar aproximadamente ¼ de taza de agua a la otra botella PET.

PRECAUCIÓN

El siguiente paso deberás hacerlo con extremo cuidado, ya que manipularás la sosa cáustica, la cual es muy irritante. Deberás usar guantes de látex, cubrebocas y lentes de protección.

6. Con la cuchara desechable, agrega en pequeñas porciones aproximadamente dos cucharadas de sosa cáustica a la botella con agua, como se muestra en la **Figura 9**. Realiza esto con mucha precaución porque la disolución del hidróxido de sodio libera bastante calor y puede desprender vapores irritantes. Usa cubrebocas y lentes de protección, y no acerques tu cara a la boca de la botella donde estás agregando la sosa cáustica. Además, no tomes la botella desde la base porque se calentará y podría causarte una quemadura.

Figura 9. Agregar con mucho cuidado dos cucharadas de sosa cáustica a la botella que contiene ¼ de taza de agua. No debes tomar la botella de la base para evitar quemaduras. Tampoco acercar tu cara a la boca de la botella, de la cual pueden emanar vapores corrosivos e irritantes. Al terminar puedes dejar destapada la botella, ya que así se requerirá para el siguiente paso.

7. Regresamos a la botella con el globo. Ahora es el momento de dejar caer el bicarbonato que está en el globo sobre el vinagre en la botella. Inmediatamente comenzará a formarse el CO_2, lo cual podrás corroborar por la formación de burbujas y porque que el globo comenzará a inflarse, como se muestra en la **Figura 10**. ¡Tapa el extremo expuesto de la manguera para evitar que se escape el CO_2 que se está formando!

Figura 10. Formación de CO_2 al verter el bicarbonato de sodio sobre el vinagre.

No es necesario esperar a que el globo se infle mucho, cuando comience a hacerlo es momento de vaciar el CO_2 en la botella que tiene la sosa cáustica. Así es, he dicho «vaciar». El CO_2 es un gas más denso que el aire, por lo que puedes verterlo como si se tratara de un líquido que no puedes ver. Solo que debes hacer movimientos lentos para evitar que se forme turbulencia (pequeños remolinos) y que pierdas parte del dióxido de carbono generado.

8. Introduce el extremo expuesto de la manguera en la botella con sosa cáustica para verter el CO_2. Inclina la botella evitando que el líquido en ella salga a través de la manguera, como se muestra en el lado izquierdo de la **Figura 11**. Además de inclinar la botella para verter el CO_2, puedes apretarla un poco para obligar a que salga una mayor cantidad de gas, como se observa en el lado derecho de la **Figura 11**.

Figura 11. Izquierda: vaciado del CO_2 en la botella con la solución de sosa cáustica. Derecha: se aprieta la botella para expulsar más CO_2, cuidando de no expulsar el líquido que contiene.

9. Inmediatamente después de vaciar el CO_2, tapa muy bien la botella con hidróxido de sodio. Observa lo que ocurre. Puedes agitar un poco la botella para favorecer la reacción que está ocurriendo en su interior.

Lo que debes saber

El agua que contiene el vinagre juega un papel muy importante en la reacción, a pesar de que no aparece como reactivo en la ecuación química (1). Es importante porque su presencia facilita la formación del CO_2 al mezclar el vinagre y el bicarbonato de sodio.

Cuando se disuelve hidróxido de sodio en el agua, se libera una gran cantidad de calor, por lo que debes tener la precaución de no tomar la botella por la base para evitar quemarte.

NOTAS

- Cuando agregues la sosa cáustica al agua de la botella, debes hacerlo poco a poco y no de golpe. Al mismo tiempo debes evitar que te salpique agua, ya que la sosa cáustica y la solución son muy corrosivas e irritantes. Asimismo, debes evitar inhalar o entrar en contacto con los vapores que emanen, ya que pueden causar serias irritaciones a la piel, a los ojos y al tracto respiratorio.

- Si la piel entra en contacto con la sosa cáustica, lavar inmediatamente con agua la parte contaminada. Si el hidróxido de sodio penetra en la ropa, quitársela y lavar la piel con agua y jabón. Si la irritación persiste después de lavarse, conseguir ayuda médica.

- Si la solución de sosa cáustica salpica en los ojos, lavarlos con abundante agua levantando ocasionalmente los párpados inferiores y superiores. Si después de lavarse persiste la irritación, conseguir ayuda médica inmediatamente. No deben usarse lentes de contacto cuando el trabajador utilice esta sustancia.

- Si una persona inhala vapores de sosa cáustica, debe trasladarse a una zona donde haya aire puro.

- Se recomienda ampliamente realizar las actividades entre dos personas.

- ¿Qué hacer con los residuos de sosa que quedan en la botella donde realizaste la captura del CO_2?

- Con tus guantes puestos y una cuchara de plástico, toma el hidróxido de sodio y disuélvelo en un litro de agua de la llave, con lo cual tendrás una solución que podrás utilizar para la limpieza de tuberías y caños en tu hogar.

Conclusiones

- ¿Por qué el CO_2 puede vaciarse de una botella a otra como si se tratara de un líquido?
- ¿Qué le sucede a la botella que contiene la sosa cáustica cuando agregas el CO2? ¿Por qué ocurre eso?
- Relaciona los conocimientos adquiridos con las investigaciones actuales sobre la captura de carbono para su almacenamiento o utilización en la síntesis de productos.

Elabora tus conclusiones.

CONCLUSIÓN GENERAL

En este capítulo aprendiste que los gases de efecto invernadero son necesarios para la subsistencia de la vida en el planeta, pero sus excesivas concentraciones son causa del cambio climático. No obstante, el CO_2 se puede extraer del ambiente, o sea de la fase gas de la que forma parte, preferentemente de corrientes de gas donde está muy concentrado, como puede ser en escapes de gases de combustión.

Una vez capturado, el CO_2 se puede confinar en almacenamientos subterráneos o bien, utilizarlo para la producción de diferentes artículos. Su captura es una medida que sin duda jugará un papel muy importante en los siguientes años en el combate al cambio climático.

SOBRE LOS AUTORES

Mi nombre es **Juan Carlos Chavarría Hernández** y soy investigador en la Unidad de Energía Renovable del CICY, ubicada en el Parque Científico Tecnológico de Yucatán. Mi trabajo está enfocado en la obtención de biocombustibles líquidos: bioturbosina, diésel verde y biodiesel. Asimismo, me interesan los procesos de captura de carbono para su almacenamiento o utilización como materia prima para la obtención de productos. Yo a tu edad empecé a sentir interés por la química, por lo que posteriormente decidí estudiar Ingeniería Química, pero aún no sabía que me dedicaría a la investigación. Ahora valoro todo el conocimiento que pude adquirir años atrás, ya que constituye la base para poder comprender nuevas cosas.

Mi nombre es **Luis Orlando Polanco Vásquez**, soy T**écnico** Titular A en la Unidad de Energía Renovable del CICY. Mi trabajo está enfocado en el área de síntesis y catálisis, además del área de sistema híbridos. Asimismo, me interesan los procesos que ayudan a mitigar el cambio climático, como lo es la captura de carbono. Yo a tu edad me interesé mucho por la producción de energía y la sustentabilidad, y descubrí que quería especializarme en esta área, así que comencé a estudiar Ingeniería Eléctrica. Esto, a lo largo de los años, me ha llevado al mundo de la investigación y pude hacer un doctorado en Energía Renovable, que me llenado de mucho aprendizaje.

GLOSARIO

Bicarbonato de sodio: compuesto químico cuya fórmula es Na_2CO_3, también nombrado carbonato ácido de sodio. Es un polvo blanco que comúnmente está presente en nuestros hogares. Se ha utilizado para aliviar la acidez estomacal y la indigestión ácida, así como para fines de limpieza.

Calentamiento global: se refiere al calentamiento a largo plazo del sistema climático de nuestro planeta, registrado desde el periodo preindustrial (entre 1850 y 1900) debido a las actividades humanas, principalmente a la quema de combustibles fósiles, lo que ha aumentado la concentración de los GEI que atrapan el calor en la atmósfera de la Tierra.

Cambio climático: se refiere a los cambios a largo plazo en las temperaturas y los patrones climáticos de nuestro planeta. Estos pueden ser naturales, por ejemplo, a través de variaciones en el ciclo solar. Pero desde el siglo XIX, las actividades humanas han sido el principal impulsor del cambio climático, principalmente debido a la quema de combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y el gas.

Captura de carbono: para los fines de este trabajo, se refiere a la captura o secuestro de CO_2 presente en la fase gas, para incorporarlo a una fase líquida o una fase sólida. El CO_2 puede ser capturado del ambiente, pero para hacer más eficiente el proceso de captura, esta puede realizarse en efluentes industriales altamente concentradas en dióxido de carbono para su posterior confinamiento o utilización en la síntesis de productos químicos. En un sentido más amplio, el secuestro o captura natural de carbono, es un ciclo que ha estado ocurriendo en nuestro planeta durante miles de millones de años. A través de este proceso, la naturaleza ha logrado un equilibrio de dióxido de carbono en nuestra atmósfera, permitiendo la vida como la conocemos.

Dióxido de carbono: compuesto químico también conocido como bióxido de carbono, cuya fórmula química es CO_2. Se trata de un gas de efecto invernadero cuya concentración se ha incrementado exponencialmente en los últimos siglos, relacionándose directamente con el calentamiento global.

GEI: iniciales de gases de efecto invernadero. Los GEI son aquellos presentes en la atmósfera de nuestro planeta y que son capaces de absorber la radiación infrarroja del sol, aumentando y reteniendo el calor en la atmósfera. Es decir, son aquellos gases presentes en la atmósfera de manera natural o debido a la acción humana, que dan lugar al efecto invernadero.

IPCC: son las iniciales en inglés de Intergovernmental Panel on Climate Change, que en español se conoce como el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Actualmente, el IPCC comprende tres equipos de trabajo: el Grupo de Trabajo I, cuyo objeto de estudio son las bases físicas del cambio climático; el Grupo de Trabajo II, responsable del impacto, la adaptación y la vulnerabilidad; y el Grupo de Trabajo III, encargado de la mitigación del cambio climático.

Sosa cáustica: compuesto químico, también conocido como soda cáustica, cuyo nombre científico es hidróxido de sodio y su fórmula química es NaOH. Se trata de

un sólido blanco cristalino a temperatura ambiente. Es muy corrosivo y absorbe la humedad del aire en cuya presencia reacciona fácilmente con el CO_2 del ambiente. Cuando se disuelve en agua, la sosa cáustica libera el calor suficiente para encender materiales combustibles.

Vinagre: es un producto que comúnmente tenemos en nuestros hogares. Lo usamos como alimento en ensaladas, así como un producto de limpieza. El vinagre tiene ácido acético en una concentración que va de 3 al 5% en agua, aunque también suele contener pequeñas cantidades de ácido tartárico y cítrico.

REFERENCIAS

Baena-Moreno, F. M., Rodríguez-Galán, M., Vega, F., Alonso-Fariñas, B., Vilches Arenas, L. F., y Navarrete, B. (2019). Carbon capture and utilization technologies: a literature review and recent advances. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 41(12), 1403-1433. https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15567036.2018.1548518?journalCode=ueso20

Ballesteros, H. B., y Aristizabal, G. L. (2007). *Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), y Subdirección de Meteorología de Bogotá, Colombia.

Bui, M., Adjiman, C. S., Bardow, A., Anthony, E. J., Boston, A., Brown, S., Fennell, P. S., Fuss, S., Galindo, A., Hackett, L. A., Hallett, J. P., Herzog, H. J., Jackson, G., Kemper, J., Krevor, S., Maitland, G. C., Matuszewski, M., Metcalfe, I. S., Petit, C., ... y Mac Dowell, N. (2018). Carbon capture and storage (CCS): the way forward. *Energy & Environmental Science*, 11(5), 1062-1176. https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2018/ee/c7ee02342a

Granda, M. (15 de noviembre 2021). CCUS: Las tecnologías que atrapan el CO_2 para luchar contra el cambio climático, cinco días, el país economía. *El País*. https://cincodias.elpais.com/cincodias/2021/11/02/extras/1635856295_210373.html

Guilyardi, E., Lescarmontier, L., Matthews, R., Point, S. P., Rumjaun, A. B., Schlüpmann, J., & Wilgenbus, D. (2019). *Reporte especial del IPCC "Calentamiento Global de 1.5°C". Resumen para profesores*. Office for Climate Education.

Hidróxido de sodio, Wikipedia. https://es.wikipedia.org/wiki/Hidr%C3%B3xido_de_sodio [consultado el 21 de junio de 2022]

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/

Yu, C. H., Huang, C. H., y Tan, C. S. (2012). A review of CO2 capture by absorption and adsorption. *Aerosol and Air Quality Research*, 12(5), 745-769. https://doi.org/10.4209/aaqr.2012.05.0132

10P

La magia de los biopolímeros

I. B. Vanessa Carolina Pat Cetina

pBiól. Jaime Domínguez Córdova

Dr. José Manuel Cervantes Uc

Dra. Nayeli Rodríguez Fuentes

Unidad de Materiales (Laboratorio de Biomateriales)

Descripción

Las y los estudiantes conocerán aspectos básicos de los biopolímeros y la magia que los acompaña, debido a su participación en procesos cotidianos, industriales y de la salud; todo ello a través de actividades experimentales guiadas y preguntas detonadoras de conocimiento.

Objetivo

Conocer qué son los biopolímeros y cuáles son los beneficios que ofrecen en la cotidianeidad de nuestra vida, a nivel industrial y en nuestra salud.

Materia afín

- Ciencias Naturales/Los seres vivos y su diversidad/La investigación en las Ciencias Naturales.
- Biología/Física/Química/Tecnología.
- Tecnología de la información y comunicación (M01).
- De la información al conocimiento.
- Argumentación.
- Optimización en sistemas naturales.

¿Qué vas a aprender?

- Conocerás las propiedades que caracterizan a los biopolímeros y comprenderás lo amplio de sus aplicaciones en procesos cotidianos, industriales y de la salud.
- Aprenderás a obtener biopolímeros de fuentes naturales y de fácil acceso, a través de actividades experimentales basadas en el método científico.
- Reforzarás tus habilidades actitudinales mediante el trabajo en equipo, desarrollo de habilidades experimentales, expositoras y de búsqueda de información.

Pregunta inicial

¿Cuál es la magia de los biopolímeros?

PANORAMA GENERAL DEL TEMA

En la actualidad es muy común asociar el término **polímero** con la palabra plástico. Al hacerlo, casi siempre nos vienen a la mente los problemas de contaminación del medio ambiente ocasionados por estos materiales; en este sentido, conviene mencionar que no todos los polímeros son plásticos, pero sí todos los plásticos son polímeros.

El término polímero se usa para referirse a **macromoléculas** que están formadas por la repetición de un grupo de átomos (en algunas ocasiones puede haber dos o más grupos diferentes de átomos) provenientes de moléculas denominadas **monómeros**. De acuerdo con su origen, los polímeros pueden clasificarse en sintéticos y naturales.

En la vida diaria, tal vez los polímeros más conocidos por la población en general sean los de origen sintético como el polietileno, el polipropileno, el polietilen tereftalato (PET), el policloruro de vinilo (PVC), el polimetacrilato de metilo (acrílico), entre otros; sin embargo, también existen polímeros que provienen de la naturaleza, como la celulosa, el **almidón**, la **colágena**, etc. A estos materiales se les comenzó a denominar **biopolímeros**, por haber sido obtenidos a partir de organismos vivos.

En los últimos años estos polímeros han cobrado importancia, ya que no solo provienen de fuentes renovables, sino que son **biodegradables** a diferencia de los polímeros sintéticos que generalmente se obtienen de fuentes no renovables como el petróleo y, por ende, son materiales no biodegradables.

Debido al desarrollo de la ciencia y la tecnología en el campo de los polímeros, en particular los avances científicos logrados en los procesos de síntesis, hoy en día existen polímeros que son biodegradables y que fueron sintetizados a partir de derivados del petróleo, tales como la policaprolactona (PCL) o el polialcohol vinílico (PVA), o bien, polímeros biodegradables de importancia científica y comercial que se obtienen mediante reacciones químicas que modifican la estructura química de un polímero presente en la naturaleza para dar lugar a uno nuevo (como el quitosano que se obtiene a partir de una reacción de desacetilación de la quitina, la cual está presente en los caparazones de los crustáceos).

Por el contrario, hay polímeros que son sintetizados a partir de compuestos químicos obtenidos de plantas y que no son biodegradables, como el polietileno derivado de la caña de azúcar.

Debido a todo lo anterior, el término biopolímero ha evolucionado para referirse, de manera incluyente, a todos los polímeros biodegradables, ya sea que estos hayan sido obtenidos a partir de compuestos derivados del petróleo, o bien, producidos de fuentes naturales mediante la síntesis o modificación química de un material biológico o enteramente biosintetizado por organismos vivos.

A pesar de lo anterior, algunos autores y autoras se resisten a considerar como biopolímeros a aquellos materiales poliméricos que, a pesar de ser biodegradables, fueron preparados a partir de compuestos derivados del petróleo (Smith A. et al., 2016; Vert M. et al., 2012). En la **Figura 1** se puede apreciar un esquema que muestra la clasificación de los biopolímeros más comunes según su origen.

En la última década, el término biopolímero también ha sido confundido con el término **biomaterial**, usándose ambos vocablos, de manera indistinta, para referirse a los polímeros producidos de fuentes naturales. Esto, aunque es incorrecto, está profusamente difundido no solo en el internet, sino también en la literatura científica. En este sentido, el término biomaterial debe ser empleado para referirse a todo aquel material (polímero, cerámico o metal) que se utilice, ya sea solo o en combinación con otros, para interaccionar con sistemas vivos durante el curso de cualquier procedimiento terapéutico o de diagnóstico; es decir, materiales empleados en la medicina u odontología (Ghasemi-Mobarakeh L. et al., 2019; Today M., 2019).

Recientemente el concepto de biopolímero ha cobrado auge, no solo por ser un material biodegradable y poder sustituir a sus con-

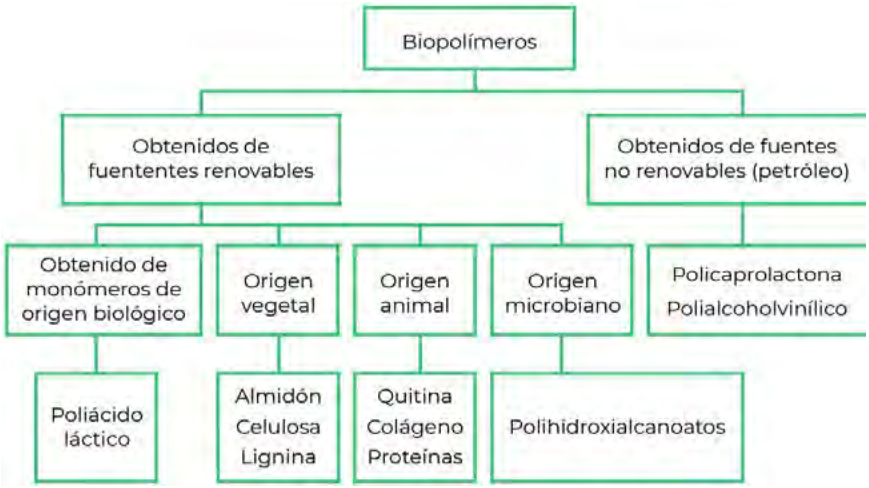


Figura 1. Clasificación de los biopolímeros según su origen (basado en Bledzki A. K. et al., 2012; Karthik T. et al., 2018; Rastogi V. K. et al., 2015).

trapartes sintéticas no biodegradables, sino porque los biopolímeros se encuentran en todos lados. Ejemplos de lo anterior son los almidones que encontramos en algunos alimentos; la celulosa que podemos encontrar no solo en la ropa hecha de algodón, sino también en los materiales lignocelulósicos, en cuyo caso se encuentra asociada con otro biopolímero como la lignina; en los caparazones de algunos crustáceos, en los que podemos encontrar a la quitina (y después de modificar esta, podemos obtener quitosano); el alginato, que se obtiene del sargazo y que sirve en la industria alimentaria y farmacéutica; la seda, que se utiliza para confeccionar ropa y que se obtiene de los gusanos, etc. Algunos biopolímeros como la pectina y las gomas, se utilizan como espesantes en la industria alimentaria. Los biopolímeros también se encuentran en las personas y animales constituyendo su piel y su pelo o cabello; la colágena y la queratina son ejemplos de esto. Algunos biopolímeros como el poli(ácido láctico), el poli(ácido glicólico) y la PCL, han sido usados en medicina para elaborar dispositivos médicos y/o hilos de sutura bioabsorbibles.

De lo anterior, es claro percibir que los biopolímeros no solo se encuentran en infinidad de materiales que observamos todos los días, sino que sus usos y aplicaciones son de lo más variadas, yendo desde cosas muy simples hasta muy sofisticadas (Xiong R. et al., 2018). Por lo tanto, en este capítulo abordaremos ***La magia de los biopolímeros***, en donde podremos ver cómo se obtienen algunos de ellos y platicaremos sobre qué tan importantes son en nuestra vida cotidiana, a nivel industrial y en el cuidado de nuestra salud.

PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

Este capítulo ha sido redactado por académicos y estudiantes del Laboratorio de Biomateriales de la Unidad de Materiales del CICY, y se desarrollará aplicando el **método científico**, implementando prácticas simples con utensilios e insumos de fácil acceso que te conducirán en el mundo de los materiales poliméricos, particularmente de los biopolímeros y de las múltiples aplicaciones que poseen.

Durante el desarrollo de las actividades diseñadas para ti, conocerás y comprenderás aspectos relacionados con los biopolímeros, en dónde se encuentran, por qué se utilizan, qué son; así como las características que favorecen su utilidad en la vida cotidiana, la industria y la salud; incluso su participación en procesos de **regeneración de tejidos** y órganos. ¿No sería sorprendente descubrir que, en tu vida diaria, incluso en tu propio cuerpo, en los cuadernos en los que tomas apuntes, en tu ropa, en la curación de tus heridas, están presentes los biopolímeros? Todo ello lo podrás develar a través de actividades experimentales que te permitirán ir paso a paso para responder a estas y a muchas otras interrogantes, a la vez que refuerzas tus habilidades en la búsqueda de información, para finalmente ser testigo de lo que parecieran mágicas aplicaciones de estas **biomoléculas** (**Figura 2**).

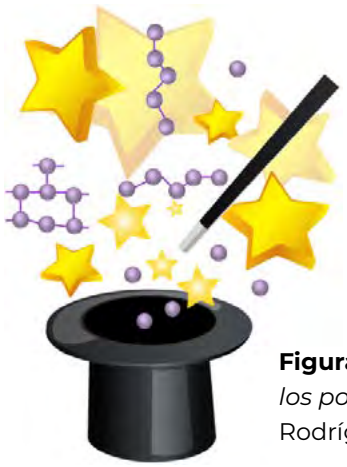


Figura 2. *La magia de los polímeros* (Imagen: Rodríguez-Fuentes, N., 2022).

DESARROLLO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Actividad 1. La fórmula de la juventud (extracción de colágena)

La piel es el órgano más extenso del cuerpo humano y es la encargada de diversas funciones vitales como: protección del medio ambiente, control de temperatura, humectación y respuesta a estímulos (Fore, 2006) (**Figura 3**). Estas funciones se van reduciendo con procesos naturales como el envejecimiento y algunas enfermedades relacionadas con defectos en la síntesis de la colágena (osteogénesis imperfecta, síndrome de Ehlers-Danlos, entre otras), las cuales producen adelgazamiento, pigmentación y disminución en la resistencia y elasticidad de la piel (Fore J., 2006; Lozada M. M. et al., 2019).

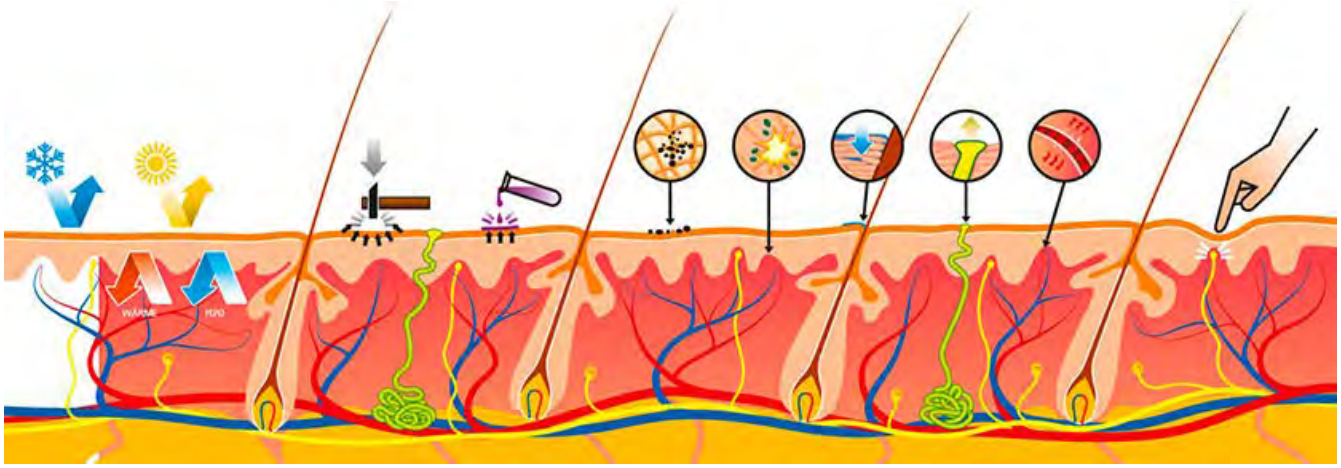


Figura 3. Funciones de la piel. En la imagen se muestran todos los agentes externos de los cuales nos protegen (Fuente: *Conoce Tu Piel*, 2019 [https://hidrotelial.com/conoce-tu-piel-2]).

La colágena es la proteína más abundante en el ser humano y representa el 30% de las proteínas totales del cuerpo, y se produce en la piel por la acción de células conocidas como fibroblastos. Esta proteína es la encargada de mantener unidas diferentes estructuras del organismo a través de la formación de fibras resistentes y flexibles, las cuales unen los tejidos conectivos (como músculos y piel) y también proporcionan elasticidad (Shoulders M. D. et al., 2009c; Yang X. et al., 2021).

Estructuralmente, la colágena es considerada un polímero constituido por cadenas de polipéptidos, los cuales a su vez están formados por secuencias de aminoácidos; la unidad básica de la colágena se llama tropocolágena y consiste en tres cadenas polipeptídicas entrelazadas, dando lugar a una triple hélice. Las moléculas de tropocolágena se agrupan formando las fibrillas de colágena (Shoulders M. D. et al., 2009a) (**Figura 4**).

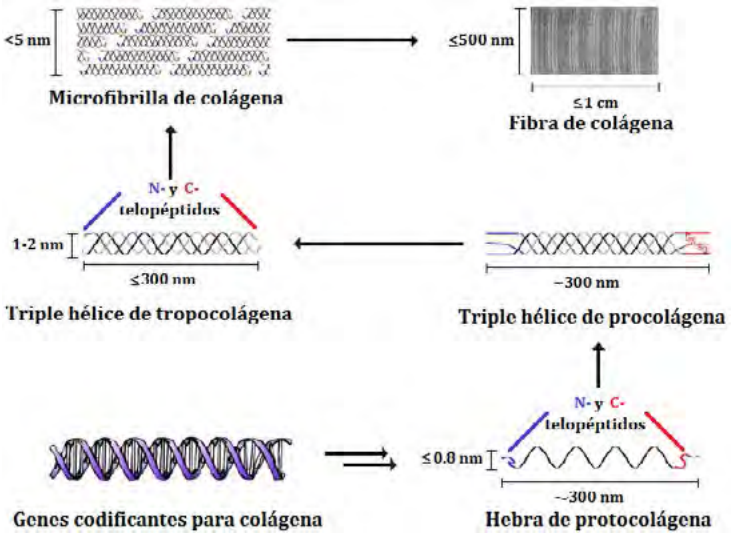


Figura 4. Formación de fibrillas de colágena. Se muestra la síntesis de la colágena, desde su expresión génica, su maduración y finalmente, la formación de fibras (tomado y modificado de Shoulders M. D. et al., 2009a).

En la piel, la colágena brinda protección ante factores externos y también ayuda a la hidratación; a su vez, le proporciona firmeza y es esencial para el proceso de cicatrización de heridas. Sin embargo, a medida que pasan los años, la producción de colágena se reduce hasta 1% dentro del organismo, por lo que es necesario incorporar productos que aporten esta proteína a nuestra dieta. Entre los alimentos que contienen colágena podemos encontrar la carne de diversos animales como pollo, res, puerco y algunas especies marinas; asimismo es posible extraer colágena de diversas partes del cuerpo de estos animales de consumo humano. Dichas partes en muchas ocasiones son ignoradas y consideradas como residuos o desperdicios, sin embargo, la cantidad de proteína presente en ellas puede ayudar a generar productos alimenticios y cosméticos de alto valor y con grandes beneficios para ayudar a la síntesis de colágena en el cuerpo o suplementar la falta de la misma (Valencia-Gómez L. E. et al., 2016). En los últimos años, la producción de colágena para la industria farmacéutica y alimenticia ha ganado interés debido a sus propiedades funcionales (Chan W. W. et al., 2020; Lupu M. A. et al., 2020) (**Figura 5**).

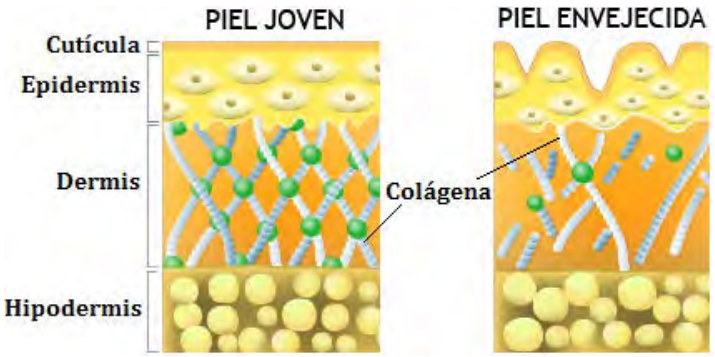


Figura 5. Proporción de colágena en la piel joven versus la piel envejecida (tomado de *AsoColDerma*: https://antienvejecimiento.asocolderma.org.co/ilustracion-piel-joven-piel-envejecida/).

Entre los productos que podemos consumir para obtener colágena se encuentra la **gelatina**, **hidrolizado** que se obtiene al procesar mediante la cocción el tejido conjuntivo (de huesos, piel, cartílago y escamas). La gelatina tiene la propiedad de solidificarse y formar un gel, que a la vez, conserva sus características bioactivas beneficiosas tanto para su consumo como para su aplicación cosmética e incluso farmacéutica como parte de **andamios** para la ingeniería de tejidos (Figueres-Juher T. et al., 2015; Miano-Rojas A. et al., 2014).

Pregunta de investigación

¿Cuáles son los efectos de la colágena en la salud de la piel?

Objetivo

Extraer colágena de manera casera y analizar sus beneficios para el cuidado de la salud de la piel.

Materiales

- 1 olla con capacidad para 3 litros.
- 1 cuchara grande.
- 1 cuchillo.
- 1 colador.
- 5 vasos resistentes al calor.
- 1/2 kilo de patas de pollo.
- 3 litros de agua potable (bebible).

Desarrollo

1. Lavar las patas de pollo para eliminar los restos de sangre y grasa.

2. Cortar las uñas y quitarles las costras con el apoyo de un cuchillo.

NOTA
Remojarlas unos segundos en agua caliente ayuda a una limpieza adecuada para el proceso.

3. Poner todas las patas de pollo en la olla y agregar los 3 litros de agua.

4. Hervir a fuego alto hasta que hierva. Cuando lo haga, disminuir a fuego bajo.

5. Calentar 1 hora y media a fuego bajo con la olla destapada para permitir la reducción del caldo.

NOTA
Para que las patas de pollo hiervan, se puede usar la tapa (punto 4). Después de hervir, se debe bajar el fuego y retirar la tapa (punto 5). Durante el tiempo de calentamiento, retirar la espuma y la grasa excesiva que se va formando, sobre todo al principio de la cocción.

6. Retirar la olla del fuego y sacar las patas de pollo con la cuchara.

NOTA
Las patas de pollo estarán suaves y con consistencia gelatinosa, lo que asegura la máxima extracción de la colágena.

7. Colar el caldo para eliminar la mayor cantidad posible de impurezas.

8. Vaciar el líquido en los vasos. Dejar 15 minutos a temperatura ambiente y luego refrigerar por 2 horas.

9. Sacar del refrigerador y revisar que se haya formado la gelatina.

NOTA
Puedes usar porciones de la gelatina que obtuviste en el consumo de alimentos como sopas, ya que al volver a calentarse se vuelve líquido nuevamente, o adicionarle azúcar o algún sabor y fruta y comerla dulce.

Conclusiones

- ¿Qué proceso químico es el que ocurre para que ocurra la transición de colágena a gelatina?
- ¿Por qué consideras que las patas de pollo son buena fuente de colágena?
- ¿Por qué es importante la colágena en la piel?
- ¿De qué manera podemos obtener colágena si nuestro cuerpo tiene dificultad para sintetizarla?
- ¿Qué consideras que ocurriría en órganos como el corazón y el hueso, si no tuvieran colágena?
- ¿Cómo está constituida estructuralmente la colágena?
- Menciona dos aplicaciones que conozcas sobre la colágena en la industria, en tu vida cotidiana y en la salud.

Actividad 2. Almidantástico (extracción de almidón)

El almidón es un polímero semicristalino que está constituido por amilosa y amilopectina (**Figura 6**), las cuales representan entre el 98 y 99% del peso seco en la mayoría de los almidones (Kirk R. et al., 2013; Tester R. F. et al., 2004).

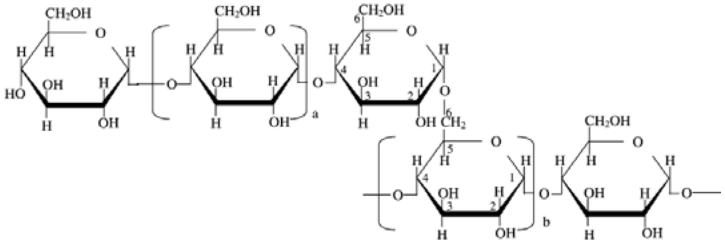


Figura 6. Estructura química del almidón (tomado y modificado de Tester et al., 2004).

En las plantas y vegetales, el almidón es la principal reserva de alimento y constituye dos terceras partes de la ingesta calórica de carbohidratos en los humanos. De manera comercial, este polímero se obtiene de semillas (maíz, trigo y arroz) y de raíces y tubérculos como la papa (Pardo C. et al., 2013), en los que se encuentra en forma de gránulos (**Figura 7**).

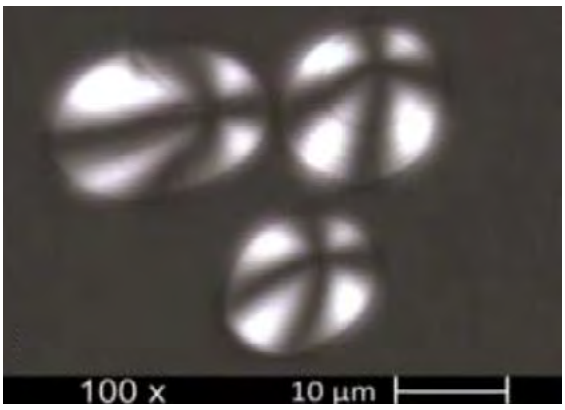


Figura 7. Micrografía electrónica de barrido de los gránulos de almidón de papa (tomado de Vargas, Martínez, & Velezmoro, 2016).

Las células presentes en las semillas son ricas en organelos denominados plastos, los cuales están involucrados en la síntesis de almidón (Crang R. et al., 2018). Los plastos que almacenan este biopolímero se denominan leucoplastos o amiloplastos (**Figura 8**).

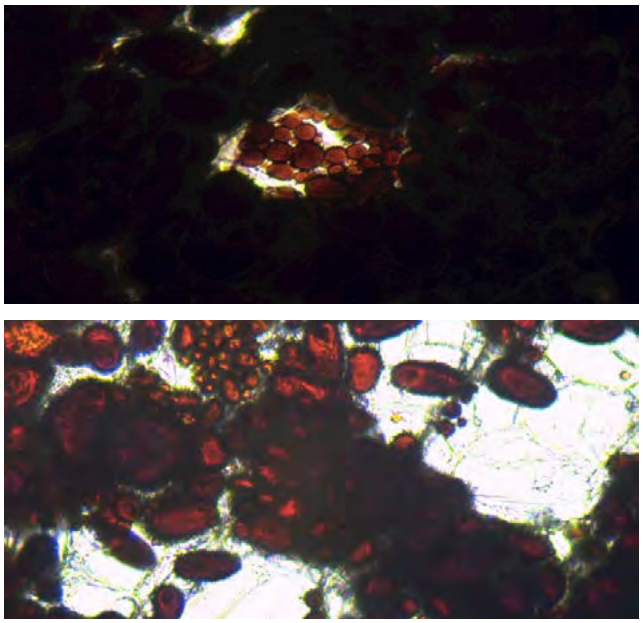


Figura 8. Amiloplastos de papa. En la imagen superior, se observa un cúmulo de amiloplastos en el centro. En la imagen inferior, una amplificación de amiloplastos libres. Los amiloplastos fueron teñidos con lugol, un colorante que se une al almidón y da una coloración distintiva (Foto: Rodríguez-Fuentes, N., 2022).

El almidón es ampliamente utilizado en la industria alimenticia, donde se utiliza como espesante para preparar diversos platillos como, por ejemplo, los aderezos, rellenos de tarta y dulces, entre otros. También se utiliza como aditivo en la fabricación de papel, la industria de los textiles, la industria minera y para elaborar adhesivos (Kirk R. et al., 2013). Este biopolímero también tiene diversas aplicaciones en la salud; por ejem-

plo, se ha demostrado que derivados resistentes de almidón vegetal exhiben efectos positivos sobre la disminución de la respuesta glicémica (elevación patológica de azúcar en sangre), lo cual podría tener efectos benéficos en el tratamiento de enfermedades como la diabetes. También ha demostrado inducir saciedad en pacientes que lo ingieren vía oral sin incremento de peso, y se ha relacionado con la regulación de la presión, así como la normalización de lípidos en sangre; incluso, investigaciones recientes lo colocan como una opción en el manejo de enfermedad renal crónica (Liu H. C. et al., 2020; Lockyer S. et al., 2017; Qin S. M. et al., 2019).

Como puedes ver, este polímero tiene su magia y exhibe aplicaciones en la industria y en la salud. Sin embargo, seguramente tienes algún elemento en casa constituido de almidón, como la fécula de maíz que usas en la cocina e incluso, la solución facilitadora del planchado que empleas para tu ropa; así es, este producto también tiene almidón y ayuda a mantener por más tiempo planchadas las prendas que usas, incluso les da cierta protección contra productos que puedan mancharlas.

En esta actividad obtendrás una solución que te ayudará a rejuvenecer tu ropa a partir de almidón, el cual se puede extraer de diversas fuentes vegetales como la papa.

Pregunta de investigación

¿Puede el almidón vegetal rejuvenecer mi ropa y facilitar el planchado?

Objetivo

Obtener una solución de planchado a base de almidón vegetal.

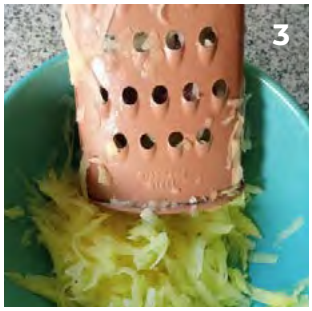
Materiales

- 1 rallador de vegetales.
- 1 pelador de vegetales.
- 1 papa mediana (7 g).
- 350 ml de agua bebible.
- 1 colador casero.
- 2 recipientes con capacidad de 500 ml (pueden ser de plástico o vidrio).
- 1 mortero con pistilo, o una cuchara y un plato hondo.
- 1 rociador.

Desarrollo

- **Extracción de almidón**

1. Lavar la papa para retirar los restos de tierra.
2. Con mucho cuidado, pelarla con ayuda de un pelador de vegetales o con un cuchillo.
3. Rallar la papa con el rallador de vegetales.
4. Colocar la ralladura obtenida en un recipiente y añadir 250 ml de agua tibia.



5. Dejar reposar 1 h para que el agua adquiera una coloración anaranjada.

6. Colocar el colador sobre el otro recipiente y verter la ralladura con el agua.

5

6

NOTA
Es necesario exprimir muy bien el colador para que atraviese la mayor cantidad de líquido posible.

- **Precipitación del almidón**

7. Dejar reposar en refrigeración el recipiente con el líquido filtrado durante 18 horas o toda la noche.

NOTA
El almidón disuelto en el líquido precipitará en el fondo del recipiente, por lo que la solución se tornará traslúcida.

8. Descartar cuidadosamente el líquido por decantación, asegurando que el almidón se quede en el fondo de vaso.

NOTA
Como una opción a la decantación, puedes retirar el líquido sobrante con una cuchara sin tocar el fondo del vaso.

7

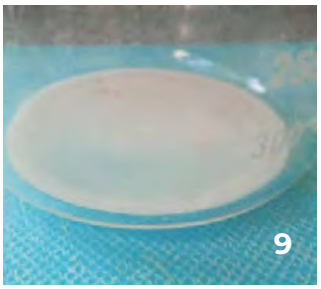
8

9. Dejar reposar, por 18 horas o toda la noche, el precipitado que se formará en el fondo del vaso para que el almidón se deshidrate.

NOTA
Se observará un polvo blanquecino: es el almidón. Este paso lo puedes hacer a temperatura ambiente o en el refrigerador (sin congelar).

10. Recuperar el almidón deshidratado y triturarlo hasta obtener un polvo fino, con ayuda de un mortero.

NOTA
Como una opción, si no cuentas con mortero, puedes usar un plato hondo y una cuchara que funjan como mortero y pistilo.


9

10

- **Preparación de la solución de almidón vegetal**

11. Verter en una olla 300 ml de agua y adicionar el almidón deshidratado y triturado (3 g).

12. Colocar la preparación anterior en la estufa y hervir durante 10 minutos.

13. Retirar del fuego y permitir enfriar a temperatura ambiente.

14. Colocar la solución fría en un rociador.

15. Rocía tu ropa con esta solución que has preparado y plánchala o cuélgala. ¡Verás cómo rejuvenecerá! ¡Ni rastros de arrugas!

Conclusiones

- Si almidonas la bata blanca que usas en el laboratorio con la solución que acabas de obtener y le cae una gota de lugol, ¿qué color tomaría? Explica tu respuesta.

- Corta un pedazo de tela en dos partes iguales, rocía una con la solución de almidón y la otra déjala sin tratamiento. Permite que sequen por completo y registra tus observaciones comparando la presencia de arrugas, elasticidad y coloración que tienen ambos pedazos de tela. Incluso puedes dejar caer sobre ambas una gota de chocolate y observar la resistencia a mancharse. ¿Qué consideras que ocurriría si rocías un pedazo de tela, dos, tres o cuatro veces con la solución de almidón? ¿Cómo cambiaría la elasticidad y resistencia de la tela? ¿El exceso de almidón podría dañar tu ropa?

- Menciona dos beneficios del almidón en la salud, la industria y en la vida cotidiana.

Actividad 3. Embalajes ecológicos (mezcla de biopolímeros)

El desperdicio de alimentos como las frutas y verduras es algo común, tanto en la casa como en las empresas dedicadas al transporte y distribución de alimentos. Este desperdicio se ha relacionado con cuestiones como la maduración temprana o la infección por un agente microbiano. De acuerdo con el Fondo Mundial para la Vida Silvestre (WWF, por sus siglas en inglés [World Wildlife Fund]), el 40% de los alimentos cultivados en México no se consumen por su deterioro (Wildlife F. W., 2021). Bajo este panorama, la mayoría de las estrategias empleadas por diversas empresas y exportadoras se enfocan en el empleo de **embalajes** y la adición de químicos, como el etileno, para evitar la maduración de vegetales y frutas.

Por definición, un embalaje o empaque es un recipiente o envoltura que contiene productos de manera temporal, principalmente para agrupar unidades de un producto pensando en su manipulación, transporte y almacenaje, evitando su maduración temprana y eventual desperdicio (León-Cárdenas J. F., 2013).

En este sentido, las películas fabricadas a base de biopolímeros representan una excelente opción para preservar los alimentos y retardar su maduración (Aguilar-Méndez M. A. et al., 2012). La fabricación de este tipo de embalajes biopoliméricos frecuentemente se realiza mediante la polimerización de diversos elementos (Canché-Escamilla G. et al., 2005; Enríquez C. et al., 2012).

La polimerización es un conjunto de reacciones químicas mediante las cuales los monómeros, iguales o diferentes entre sí, interactúan por medio de reacciones químicas para formar moléculas de gran tamaño (polímeros) (**Figura 9**). La polimerización es un proceso muy utilizado en la industria petroquímica para la formación de diferentes plásticos (polímeros) y gomas sintéticas (elastómeros) (Fried J. R., 2003; Química I., 2020).

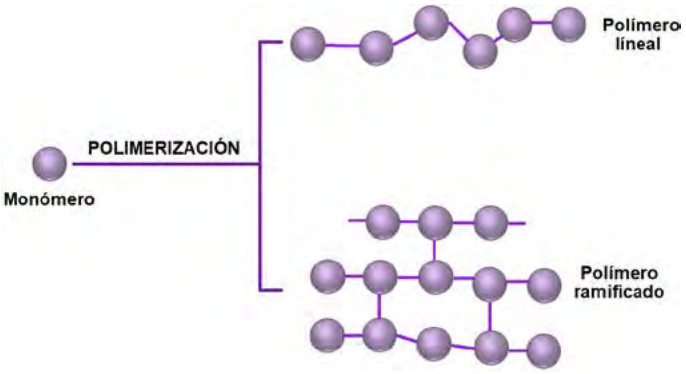


Figura 9. Polimerización. La unión de varios monómeros puede dar origen a macromoléculas llamadas polímeros, las cuales pueden tener estructuras lineales o ramificadas (Imagen: Rodríguez-Fuentes, N., 2022).

En esta actividad se realizará una película a partir de la mezcla química de biopolímeros como la grenetina (componente proteico derivado de la hidrólisis de la colágena), el alcohol (glicerol), que le dará cierta flexibilidad, y la celulosa de fruta, lo que proporcionará características hidrofóbicas y aromáticas a la película (**Figura 10**), la cual puede emplearse para la fabricación de embalajes de frutas y verduras.

La grenetina es un subproducto obtenido de la colágena, una proteína estructural presente en los animales cuya principal función es dar estructura y soporte a los tejidos animales, por lo que constituye cerca del 50% de los organismos. Tiene alrededor de un 85 a 92% de colágena, mientras que el resto son sales minerales resultantes de su proceso de obtención. Este biopolímero se comporta químicamente como un **hidrocoloide**, por lo que al contacto con agua permite formar una estructura coloidal comúnmente conocida como gelatina, que seguramente has comido (Haug I. J. et al., 2011; Quijano-Mendoza J. L. et al., 2021; Reinhard S. et al., 2007).

El glicerol o 1,2,3-trihidroxipropano o 1,2,3-propanotriol, es un polialcohol que posee tres grupos hidroxilos (-OH) y que es

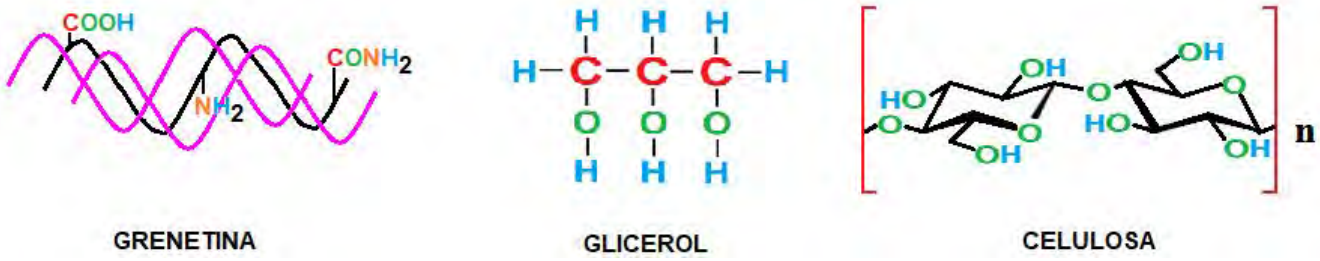


Figura 10. Estructura de la grenetina, el glicerol y la celulosa. Se resaltan en colores los grupos que pueden reaccionar entre sí para formar enlaces (Imagen: Rodríguez-Fuentes, N., 2022).

conocido comercialmente como glicerina. Esta molécula, por su estructura, permite crear enlaces de puentes de hidrógeno intra e intermoleculares, por lo que es un excelente reactivo para formar películas y está presente en varios procesos para generar jabones, bioplásticos, entre otros (Torres-Rivero L. A. et al., 2019).

La celulosa es un polímero natural que tiene como estructura base los enlaces 1,4-ß glucosídicos y tres grupos OH en cada una de las unidades estructurales, lo que le permite reaccionar como un alcohol, un éster o un éter, ampliando sus aplicaciones en la industria farmacéutica, la de alimentos o la textil (Gañán P. et al., 2017).

La celulosa puede obtenerse a partir de frutos carnosos como los plátanos, mangos, entre otros, ya que en estos se aprecia a simple vista el **epicarpio**, que es la capa más externa del fruto y es rica en celulosa, y, que, además, es considerada como desecho urbano (**Figura 11**) (Aguilar-Méndez M. A. et al., 2012).

Figura 11. Ubicación del epicarpio del mango (Imagen: Domínguez-Córdova, J., 2022).

Pregunta de investigación

¿Los biopolímeros participan en la fabricación de embalajes ecológicos?

Objetivo

Generar un embalaje ecológico mediante la mezcla química de biopolímeros como la grenetina, glicerol y la celulosa de fruta.

Materiales

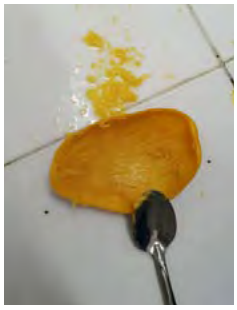
- 60 cm de papel encerado.
- 1 cacerola de peltre.
- 1 cuchara de madera.
- 250 ml de agua (potable de garrafón).
- 1 charola.
- 5 cucharadas de grenetina.
- 2 cucharaditas de vinagre blanco.
- 2 cucharaditas de glicerina.
- 1 licuadora.
- 1 colador casero de plástico.
- 2 cáscaras de naranjas, mandarinas o toronjas), o 3 de mangos, plátanos o duraznos.

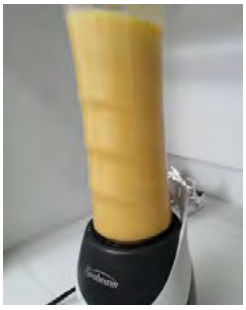
Desarrollo

- **Preparación del epicarpio** (cáscara de fruta)

1. Lavar las cáscaras del fruto seleccionado y retirar los restos de pulpa.

2. Cortarlas en pedazos pequeños, pasar los cortes a la licuadora y agregar una taza de agua potable bebible para licuar.





NOTA
Emplear agua de garrafón garantiza un proceso bajo en sales.

3. Colar las cáscaras y quedarse con el epicarpio.

NOTA
Tratar de retirar la mayor cantidad posible de agua al colar la mezcla. El agua se descarta.

- **Preparación de la película**

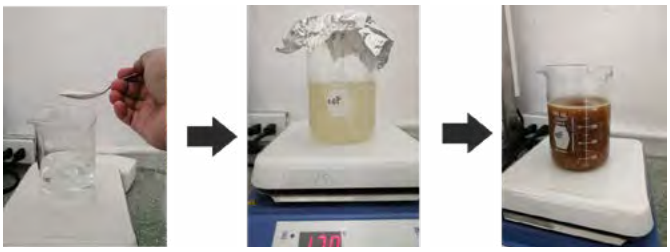
4. En una estufa o parrilla, poner una cacerola con 250 ml de agua bebible. Esperar a que hierva y reducir el fuego al mínimo.

NOTA
Usar el nivel más bajo si es una parrilla eléctrica.

5. Agregar la grenetina lentamente y mezclar con la cuchara de madera hasta disolverla por completo.

NOTA
Evitar usar una cuchara de metal, debido a que este material reacciona con el vinagre liberando sustancias nocivas y dañando la película.

6. Apagar el fuego o la parrilla, agregar la glicerina a la mezcla y seguir agitando hasta que se mezcle completamente.



7. Añadir el vinagre a la mezcla hasta que todo quede homogéneo en la cacerola.

8. Agregar las cáscaras (previamente tratadas) a la cacerola y mezclar hasta observar que estén bien distribuidas.

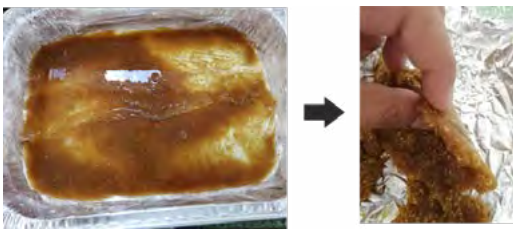
NOTA
La presencia de trozos grandes de cáscara no afecta el proceso, puedes dejarlos o eliminarlos a tu elección.

- **Distribución y secado**

9. En una charola, poner el papel encerado de 60 cm, agregar la mezcla y esparcirla de manera que quede completamente cubierta.

10. Permitir que la mezcla se seque al aire libre en sombra por 24 h.

11. Desmoldar la película, primero, retirando el papel encerado de la charola y, por último, desprendiendo el polímero del papel encerado cuidadosamente.



Conclusiones

- ¿Qué tipo de fruto ocupaste?
- ¿La adición del epicarpio agregó una de sus propiedades a la película (como color, sabor o aroma)?
- Describe las propiedades de la película (textura, color, flexibilidad, etc.).
- ¡Pon a prueba la biopelícula! Deja en tu frutero (al exterior) dos frutas pequeñas, como, por ejemplo, una uva o una fresa, o un vegetal pequeño, como un chícharo. Envuelve una pieza con la película que hiciste y la otra déjala sin envolver. Registra los cambios que sufren en 3 días consecutivos.
- ¿La película retardó la maduración de la fruta o vegetal que elegiste? Una fruta madura se diferencia por tener una textura suave, colores verdosos y manchas negras.
- Formen equipos y comparen notas.
- Llena la siguiente tabla:

Fruta usada para la película	Color de la película	Aroma de la película	Preservó la fruta (sí/no)

CONCLUSIÓN GENERAL

Con los resultados obtenidos durante el desarrollo de las actividades experimentales de este proyecto, has ampliado tus conocimientos respecto a los biopolímeros y lo que parecieran mágicas aplicaciones.

Ahora conoces qué son los biopolímeros y cuáles son algunos de los beneficios que ofrecen en la cotidianeidad de nuestra vida, a nivel industrial y en nuestra salud. Del mismo modo, has adquirido habilidades experimentales y de búsqueda y análisis de información, todo ello aplicando el método científico.

SOBRE LOS AUTORES

I. B. Vanessa Carolina Pat Cetina, es estudiante de la maestría en Materiales Poliméricos del CICY. Durante la licenciatura enfocó su tesis a los procesos de extracción de colágena de cnidarios. Actualmente desarrolla estudios con colágena marina y polímeros sintéticos para la generación de materiales compuestos con potencial aplicación en la regeneración dérmica. «Yo a tu edad me impresionaba mucho con las películas de ciencia y, sobre todo, aquellas en las que reparaban partes del cuerpo. Siempre he pensado en la ciencia como una forma de magia».

pBiól. Jaime Domínguez Córdova, es estudiante en la carrera de biología en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP). Actualmente desarrolla su tesis de grado en el Laboratorio de Biomateriales, de la Unidad de Materiales del CICY, desarrollando un estudio sobre el efecto de fitoestrógenos en líneas celulares de cáncer. «De pequeño siempre tuve mucho contacto con plantas y animales, cuestionándome cómo es que funcionan y qué los hace diferentes».

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 relacionadas con la regeneración tisular y la liberación de fármacos, entre otras. «De niño me gustaba hacer piñatas, sin tener idea que, durante su elaboración, empleaba varios biopolímeros».

Dra. Nayeli Rodríguez Fuentes, es investigadora adscrita a la Unidad de Materiales del CICY, bajo el programa Investigadoras e Investigadores por México-Conacyt. Actualmente desarrolla proyectos relacionados a la bioprospección de recursos marinos con potencial aplicación en la medicina regenerativa. Es química farmacéutica bióloga por la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco (UAM-X). «De niña me intrigaba que no hubiera medicinas para algunas enfermedades, mientras que otras tenían varias opciones. Yo quería trabajar haciendo esas medicinas faltantes».

GLOSARIO

Almidón: macromolécula constituida por amilosa y amilopectina. Es la reserva energética de la mayoría de los vegetales.

Andamio: en Biomedicina, hace referencia al soporte físico que contribuirá al proceso de reparación y regeneración de tejidos, permitiendo la población celular. Su diseño es biomimético y depende del tejido receptor.

Bioactivos: componentes de los alimentos que influyen en las actividades celulares y fisiológicas, obteniendo tras su ingesta un efecto beneficioso para la salud.

Biodegradable: material que es susceptible a degradación por actividad biológica (no solo por agua), disminuyendo la masa molecular de la macromolécula original.

Biomaterial: material de origen polimérico, metálico, cerámico o compuesto, diseñado para interaccionar con sistemas vivos durante el curso de cualquier procedimiento terapéutico o de diagnóstico.

Biomolécula: moléculas constituyentes de los seres vivos que se encuentran en forma de carbohidratos, lípidos, proteínas, vitaminas y ácidos nucleicos.

Biopolímero: polímeros biodegradables obtenidos a partir de compuestos derivados del petróleo, producidos de fuentes naturales mediante la síntesis o modificación química de un material biológico, o enteramente biosintetizados por organismos vivos.

Colágena: sustancia proteínica que se encuentra en el tejido conjuntivo, óseo y cartilaginoso, y que por la acción del calor se convierte en gelatina.

Dispositivo médico: instrumento, herramienta, máquina, implemento de prueba o implante que se usa para prevenir, diagnosticar o tratar la enfermedad u otras afecciones. Los dispositivos médicos van desde las torundas de algodón hasta los marcapasos del corazón y el equipo de imagenología.

Embalaje: cubierta o recipiente que contiene productos de manera temporal para su transporte y almacenaje; en el caso de las frutas, evita su maduración temprana y eventual desperdicio.

Epicarpio: del griego *epi* (sobre) y *karpós* (fruto), es la capa externa de las tres que forman la epidermis de los frutos y los protege del exterior. Contiene glándulas con esencias y pigmentos, y comúnmente se llama piel.

Gelatina: es una sustancia que procede de la transformación (degradación) térmica de la colágena. Sustancia sólida, incolora y transparente cuando está pura, inodora e insípida.

Hidrocoloide: grupo de polisacáridos y proteínas que se disuelven en agua en forma de coloides y son altamente propensos a formar geles.

Hidrolizado: sustancia que ha sido descompuesta por la acción del agua, de un ácido o de una base.

Macromolécula: moléculas con pesos moleculares grandes que están formadas por la repetición de un grupo de átomos, iguales o diferentes, denominados monómeros.

Método científico: es un proceso riguroso cuyo fin es generar conocimiento a través de la comprobación empírica de fenómenos y hechos. Consta de pasos como la observación, el reconocimiento del problema, hipótesis, predicciones, experimentación, análisis de los resultados y comunicación de los hallazgos.

Monómero: del griego *mono* (uno) y *meros* (partes). Hace referencia moléculas de pequeña masa molecular que, unidas a otros monómeros por medio de enlaces químicos, forman macromoléculas llamadas polímeros.

Polímero: macromolécula formada por la repetición de un grupo de átomos.

Puente de hidrógeno: interacciones débiles que se forman entre un hidrógeno con una carga parcial positiva y un átomo más electronegativo, como el oxígeno, nitrógeno y flúor.

Regeneración de tejidos: campo interdisciplinario que aplica los principios de la ingeniería y de las ciencias biológicas hacia el desarrollo de sustitutos biológicos que restauren, mantengan o mejoren la función tisular.

REFERENCIAS

Aguilar-Méndez M. A., San Martín-Martínez E., Espinoza-Herrera N. L., Sánchez-Flores M., Cruz-Orea A., E., R.-O. M., & Ramírez-Ortíz M. E. (2012). Caracterización y aplicación de películas a base de gelatina–carboximetil-celulosa para la preservación de frutos de guayaba. *Superficies y vacío, 25*(1), 1-7. Recuperado a partir de https://bit.ly/3yogXuY.

Bledzki, A. K., Jaszkiewicz, A., Urbaniak, M., & Stankowska-Walczak, D. (2012). Biocomposites in the Past and in the Future. *Fibres & Textiles in Eastern Europe, 20*(6b), 15-22. Recuperado a partir de https://bit.ly/3CGeui3.

Canché-Escamilla, G., De los Santos-Hernández, J. M., Andrade-Canto, S., & Gómez-Cruz, R. (2005). Production of Cellulose from Banana Plant Agricultural Waste. *Información tecnológica, 16*(1), 83-88. DOI: 10.4067/S0718-07642005000100012.

Crang, R., Lyons-Sobaski, S., & Wise, R. (2018). A concept-based approach to the structure of seed plants. In Springer (Ed.), *Plant Anatom* (1st ed., pp. 88-664). DOI: 10.1007/978-3-319-77315-5.

Chan, W. W., Yeo, D. C. L., Tan, V., Singh, S., Choudhury, D., & Naing, M. W. (2020). Additive Biomanufacturing with Collagen Inks. *Bioengineering (Basel), 7*(3). DOI: 10.3390/bioengineering7030066.

Enríquez C, M., Velasco M, R., & Ortíz G, V. (2012). Películas Biopelículas biodegradables basadas en almidón. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 10*, 182-192.

Figueres Juher, T., & Bases Perez, E. (2015). An overview of the beneficial effects of hydrolysed collagen intake on joint and bone health and on skin agein]. *Nutr Hosp, 32 Suppl 1*, 62-66. DOI: 10.3305/nh.2015.32.sup1.9482

Fore, J. (2006). A review of skin and the effects of aging on skin structure and function. *Ostomy Wound Management, 52*(9), 24-35.

Fried, J. R. (2003). Ciencia y Tecnología de Polímeros (2nd ed., Vol. 1, pp. 23): Prentice-Hall.

Gañán, P., Zuluaga, R., Castro, C., Restrepo-Osorio, A., Velásquez Cock, J., Osorio, M., Montoya, Úrsula, Vélez, L., Álvarez, C., Correa, C., & Molina, C. (2017). Celulosa: un polímero de siempre con mucho futuro. Revista Colombiana De Materiales, (11), 1–4. Recuperado a partir de https://bit.ly/3yo8tEn.

Ghasemi-Mobarakeh, L., Kolahreez, D., Ramakrishna, S., & Williams, D. (2019). Key terminology in biomaterials and biocompatibility. *Current Opinion in Biomedical Engineering, 10*, 45-50. DOI: 10.1016/j.cobme.2019.02.004.

Haug, I. J., & Draget, K. I. (2011). Gelatin. *Handbook of Food Proteins,* 92-115.

Karthik, T., & Rathinamoorthy, R. (2018). Sustainable Biopolymers in Textiles: An Overview. In K. O. Martínez L., Kharisov B. (Ed.), *Handbook of Ecomaterials.*: Springer, Cham.

Kirk, R., & Othmer, D. (2013). Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology. In Wiley. (Ed.).

León Cárdenas, J. F. (2013). Envases, Empaques y Embalajes *Envases, Empaques y Embalajes* (pp. 5). Recuperado a partir de https://bit.ly/3ykLERO.

Liu, H. C., Zhang, M., Ma, Q. Y., Tian, B. M., Nie, C. X., Chen, Z. F., & Li, J. X. (2020). Health beneficial effects of resistant starch on diabetes and obesity via regulation of gut microbiota: a review. *Food & Function, 11*(7), 5749-5767. DOI: 10.1039/d0fo00855a

Lockyer, S., & Nugent, A. P. (2017). Health effects of resistant starch. *Nutrition Bulletin, 42*(1), 10-41. doi: 10.1111/nbu.12244.

Lozada S. M., & R., R. (2019). Envejecimiento cutáneo. Rev. *Asoc. Colomb. Dermatol. Cir. Dematol. 18*(1), 10-17. Recuperado a partir de https://bit.ly/3yodlco.

Lupu, M. A., Gradisteanu Pircalabioru, G., Chifiriuc, M. C., Albulescu, R., & Tanase, C. (2020). Beneficial effects of food supplements based on hydrolyzed collagen for skin care (Review). *Exp Ther Med, 20*(1), 12-17. DOI: 10.3892/etm.2019.8342.

Miano, A., Rojas, C., & Barraza, G. (2014). Influencia de la temperatura y tiempo de extracción en la fuerza de gel y rendimiento de gelatina obtenida a partir de piel de tollo (Mustelus mento). *Scientia Agropecuaria, 5*(3), 140-147. DOI: 10.17268/sci.agropecu.2014.03.04

Pardo C, Oscar Hernando, Castañeda, J. C., & Ortiz, C. A. (2013). Caracterización estructural y térmica de almidones provenientes de diferentes variedades de papa. *Acta Agronómica, 62*(4), 289-295. Recuperado a partir de https://bit.ly/2SCcrGg.

Qin, S. M., Zhang, K. Y., Ding, X. M., Bai, S. P., Wang, J. P., & Zeng, Q. F. (2019). Effect of dietary graded resistant potato starch levels on growth performance, plasma cytokines concentration, and intestinal health in meat ducks. *Poultry Science, 98*(9), 3523-3532. DOI: 10.3382/ps/pez186.

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. *25*(3), 37-53. Recuperado a partir de https://bit.ly/3CImeAo.

Química, I. (2020). ¿Qué es la polimerización? Recuperado a partir de https://bit.ly/3C9FrsU.

Rastogi, V. K., & Samyn, P. (2015). Bio-Based Coatings for Paper Applications. *Coatings, 5*(4), 887-930. DOI: 10.3390/coatings5040887.

Reinhard, S., & Herbert, G. (2007). *Gelatin Handbook*. Alemania. Recuperado a partir de https://bit.ly/3V8ni7J.

Shoulders, M. D., & Raines, R. T. (2009a). Collagen structure and stability. *Annu Rev Biochem, 78*, 929-958. DOI: 10.1146/annurev.biochem.77.032207.120833.

Shoulders, M. D., & Raines, R. T. (2009c). Collagen Structure and Stability. *Annual Review of Biochemistry, 78*, 929-958. DOI: 10.1146/annurev.biochem.77.032207.120833.

Smith, A., Moxon, S., & Morris, G. (2016). Wound Healing Biomaterials. In W. Publishing (Ed.), *Biopolymers as wound healing materials: Functional materials* (Vol. 2, pp. 261-287.). Elseviere: M. agren.

Tester, R. F., Karkalas, J., & Qi, X. (2004). Starch - composition, fine structure and architecture. *Journal of Cereal Science, 39*(2), 151-165. DOI: 10.1016/j.jcs.2003.12.001

Today, M. (2019). II - Biomaterials and biomedical materials. In X. Z. David Williams (Ed.), *Definitions of Biomaterials for the Twenty-First Century* (Vol. 1, pp. 15-23,): Elseviere.

Torres-Rivero, L. A., Ben-Youssef, B. C., & Pérez-Gasca, M. F. (2019). Características de la glicerina obtenida del proceso de la reacción del metóxido de sodio en la producción del Biodiesel. *Revista de Energía Química y Física, 6*(18), 18-28. DOI: 10.35429/JCPE.2019.18.6.18.28

Valencia-Gómez, L. E., Martel-Estrada, S. A., Vargas-Requena, C. L., Rodriguez-González, C. A., & Olivas-Armendariz, I. (2016). Apósitos de polímeros naturales para regeneración de piel. *Revista mexicana de ingeniería biomédica, 37*(3), 235-249. DOI: 10.17488/rmib.37.3.4.

Vargas, G., Martínez, P., & Velezmoro, C. (2016). Propiedades funcionales de almidón de papa (Solanum tuberosum) y su modificación química por acetilación. *Scientia Agropecuaria, 7*, 223-230. DOI: 10.17268/sci.agropecu.2016.03.09.

Vert, M., Doi, Y., Hellwich, K. H., Hess, M., Hodge, P., Kubisa, P., ... Schue, F. (2012). Terminology for biorelated polymers and applications (IUPAC Recommendations 2012). *Pure and Applied Chemistry, 84*(2), 377-408. DOI: 10.1351/Pac-Rec-10-12-04.

Wildlife, F. W. (2021). El mundo desperdicia cerca del 40% de los alimentos cultivados. de WWF. Recuperado a partir de https://wwf.to/3fMhxwe.

Xiong, R., Grant, A. M., Ma, R. L., Zhang, S. D., & Tsukruk, V. V. (2018). Naturally-derived biopolymer nanocomposites: Interfacial design, properties and emerging applications. *Materials Science & Engineering R-Reports, 125*, 1-41. DOI: 10.1016/j.mser.2018.01.002.

Yang, X., Yu, X. J., Yagoub, A. G., Chen, L., Wahia, H., Osae, R., & Zhou, C. S. (2021). Structure and stability of low molecular weight collagen peptide (prepared from white carp skin) -calcium complex. *Lwt-Food Science and Technology, 136*. DOI: ARTN 11033510.1016/j.lwt.2020.110335.

11P

Filtros para el cuidado del acuífero en la península de Yucatán

Dr. Ángel de Jesús Montes Luna

Dr. Manuel de Jesús Aguilar Vega

M. C. María Isabel de los Dolores Loría Bastarrachea

Dra. Rita del Rosario Sulub Sulub

M. C. Mauricio José Huhn Ibarra

Unidad de Materiales (Laboratorio de Membranas)

Descripción

Las y los estudiantes darán tratamiento a materiales de desecho para obtener otros de alto valor agregado, y los aplicarán en la eliminación de contaminantes del agua para el cuidado del acuífero de la península de Yucatán.

Objetivo

Fomentar en el estudiantado el método científico, conocer las características de los materiales que están al alcance de todos para diseñar sistemas aplicados en la eliminación de contaminantes del agua de descarga de los hogares, fomentando el cuidado y protección del acuífero.

Materia afín

- Ciencias Naturales/Química
- Ciencias experimentales

Pregunta inicial

¿Por qué es importante eliminar los contaminantes del agua de desecho del hogar para cuidar el acuífero?

¿Qué vas a aprender?

- Qué es el acuífero.
- Cuidados del acuífero, tipos de contaminantes, materiales para eliminarlos.
- Método científico: observación, planteamiento de hipótesis, experimentación, análisis y conclusión.
- Aprovechamiento de materiales de uso común para obtener materias primas de alto valor agregado.

PANORAMA GENERAL DEL TEMA

Todos y todas sabemos que el agua es el recurso más importante para la vida. Una de las principales formas de suministro de agua dulce es por abastecimiento subterráneo (véase acuíferos).

Sin embargo, los **acuíferos** son amenazados constantemente por la contaminación resultante de la urbanización e industrialización. En la península de Yucatán esto no es la excepción, ya que este problema se magnifica por el tipo de suelo: **kárstico**. Este término se refiere a un suelo formado por rocas solubles en agua, tales como halita (NaCl), anhidrita ($CaSO_4$), yeso ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) y caliza ($CaCO_3$). Estas rocas, altamente porosas, al ser solubles en agua forman cavidades y hay un fácil acceso al acuífero.

Basándonos en lo anterior, el acuífero de la península de Yucatán (**Figura 1**) es muy susceptible de ser contaminado por los desechos de los hogares, de plantas industriales, de la ganadería y agricultura, el uso de fertilizantes y pesticidas, etc. (González Herrera et al., 2018; Fragoso-Servón et al., 2019). Por lo anterior, las y los científicos que trabajan en este tema buscan el desarrollo de materiales que sean efectivos en la eliminación de contaminantes para evitar que estos lleguen al manto acuífero (Leal Bautista et al., s. f.).

Los métodos más utilizados en la purificación de agua de desecho son el uso de **filtros** a base de membranas, filtros a base de arena y dispositivos a base de filtros de carbón activado, por mencionar algunos.

El uso de carbón activado para la purificación del agua se basa en que su estructura posee poros que le proporcionan la capaci-

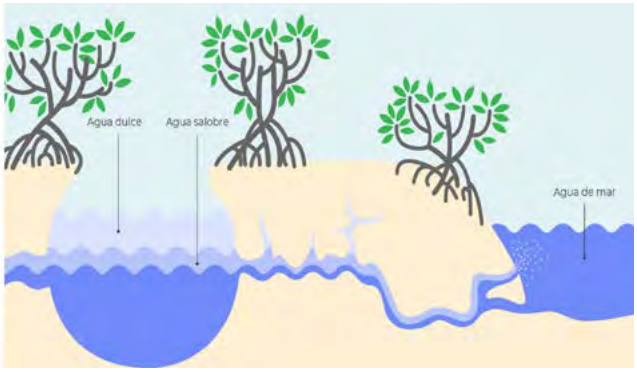


Figura 1. Acuífero en la península de Yucatán (Leal Bautista et al., s. f.).

dad de adsorción (**Figura 2**), es decir, la propiedad que tiene un sólido de adherir a sus paredes una molécula que fluye (Ramírez et al., 2017; Luna et al., 2007). Al sólido se le llama **adsorbente** y a la molécula, **adsorbato**.

El carbón de leña tiene esta capacidad, por ello es muy utilizado para la eliminación de olores; sin embargo, está limitado por su área superficial de 50 m^2. Al producirse la activación del carbón, esta área se incrementa hasta 16 veces, que se traduce en una amplia zona de contacto con contaminantes (Luna et al., 2007).

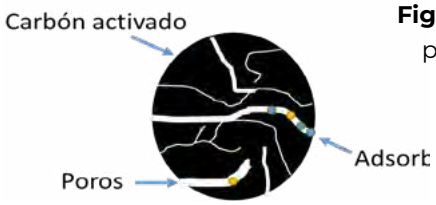


Figura 2. Estructura porosa del carbón activado

Partiendo de lo anterior, es posible utilizar el carbón activado como adsorbente del agua contaminada resultante de procesos de limpieza del hogar, industriales y de granjas porcinas y avícolas en la península de Yucatán.

Purificar el agua es necesario en comunidades donde no existe el recurso limpio para las actividades cotidianas. De ahí la importancia de elaborar dispositivos caseros para su limpieza. Por lo anterior, se plantea el uso de grava, arena y carbón activado para la eliminación de estos contaminantes que, a través del subsuelo, llegan directamente al acuífero.

PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

El objetivo de este proyecto es concientizar a la población estudiantil sobre el cuidado que debemos tener con el acuífero, ya que es la mayor fuente de agua dulce en la península de Yucatán. Por otra parte, queremos fomentar en las y los estudiantes la curiosidad, el cuestionamiento, el pensamiento crítico, el análisis y la discusión de las ideas sobre temas científicos.

Durante el desarrollo del proyecto estudiaremos las propiedades de adsorción que presentan algunos materiales y su aplicación en la purificación de agua.

Conoceremos la metodología para la preparación de carbón activado empleando carbón vegetal, un material muy común en los hogares. Asimismo, sabremos qué materiales en la naturaleza pueden ser utilizados como filtros para la purificación de aguas grises, esas que se desechan comúnmente en los hogares.

DESARROLLO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Actividad 1. Contaminación y cuidado del acuífero de la península de Yucatán

Como se ha comentado con anterioridad, el agua es el recurso no renovable más importante para la vida; por ello la importancia de cuidarla. Su principal amenaza es la pro-

ducción de desechos; deshacerse de este tipo de contaminantes es vital para evitar que lleguen directo al acuífero, que, por el tipo de suelo de la península, contaminan a la principal fuente de abastecimiento.

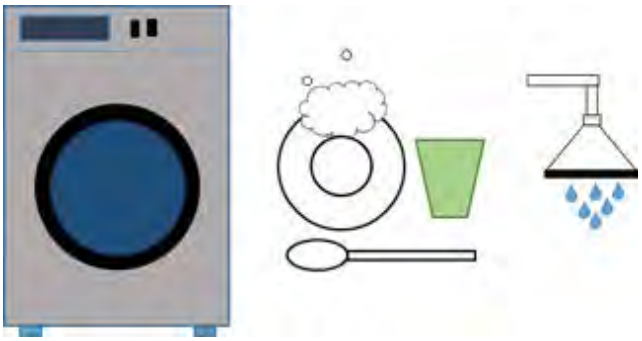


Figura 3. Principales fuentes de agua de desecho de los hogares.

En algún momento de nuestra vida hemos notado que el agua que sale de la llave contiene partículas sólidas, turbiedad, olores desagradables, etc. Esto es debido a que, de una u otra forma, la fuente que provee de agua a los hogares se ha contaminado. Es por ello que, científicos y científicas de todo el mundo trabajan arduamente para obtener materiales que nos permitan la eliminación de contaminantes para tener acceso a agua limpia y de mejor calidad.

Figura 4. Carbón vegetal.

Por lo anterior, en la búsqueda del aprovechamiento de materiales que estén al alcance de todos para utilizarlos como fuente de purificación del agua, se ha encontrado que el carbón, debido a su porosidad, es un material que ayuda a la eliminación de contaminantes.

Sin embargo, hay una posibilidad de que este mejore su capacidad de adsorción de contaminantes: nos referimos al carbón activado.

Para obtener este tipo de carbón, primero hay que disminuir el tamaño de partícula por medio de molienda; posteriormente, el carbón se modifica con ácidos con el fin de introducir grupos químicos en la superficie y porosidades, lo que permite un incremento en el área superficial. Con ello, el material es más eficiente para la eliminación de contaminantes.

Pregunta de investigación

¿Por qué es importante cuidar lo que se desecha en el agua de descarga del hogar?

Objetivo

Contextualizar a los y las estudiantes sobre las principales fuentes de agua de desecho que pueden contaminar el acuífero de la península de Yucatán, y las características del carbón activado como eliminador de contaminantes.

Materiales

- Libreta o material para tomar apuntes.
- Pluma.
- Internet.
- Dispositivo electrónico.

Desarrollo

1. Investiga y anota el por qué es importante no contaminar el agua.
2. ¿Cuál es la importancia de los materiales porosos?
3. ¿Existen filtros comerciales para eliminar contaminantes del agua?

Lo que debes saber

El carbón es un material común de bajo costo, el cual puede utilizarse en procesos de purificación. Sabías que el carbón es un material altamente poroso y que gracias a esa característica puede atrapar contaminantes del agua, aire y es utilizado para separar contaminantes de algunos materiales preciados como el oro.

Conclusiones

Se planteó una problemática, principalmente el cuidado de los contaminantes comunes en el agua de desecho de los hogares y el aprovechamiento de las propiedades del carbón como un material poroso que puede ser utilizado para eliminar estos contaminantes del agua.

Actividad 2. Aprovechando materiales comunes del hogar para la obtención de carbón activado

Los materiales con diferentes tamaños de poros en su estructura (Okwundu et al., 2018) han sido ampliamente utilizados con el paso de los años para eliminar contaminantes de líquidos o gases (**Figura 5**). Esta propiedad, denominada porosidad, les permite tener una capacidad de adsorción de contaminantes en el aire y agua; por ello su gran importancia.

Con esta actividad comprenderemos que es posible obtener materiales porosos con capacidad de eliminación de contaminantes, a partir de materiales comunes que podemos encontrar en el hogar.

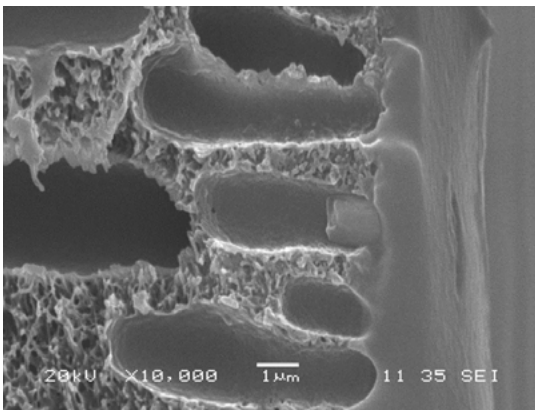


Figura 5. Estructura porosa vista desde un microscopio electrónico de barrido (MEB).

Pregunta de investigación

¿Qué es el carbón activado y porque su importancia en la purificación de agua?

Objetivo

Aprovechar materiales comunes, como el carbón vegetal, para la obtención de carbón activado.

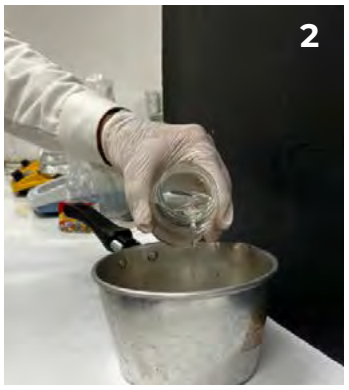
Materiales

- 131 g de carbón vegetal molido.
- 200 ml de vinagre blanco.
- 1 vasija metálica (puede ser olla o sartén).
- 1 frasco de vidrio transparente con tapa (tipo Gerber de 230g o similar).
- 1 recipiente de plástico.
- 1 cuchara metálica.
- 1 guante de cocina.
- 1 libreta para apuntes.
- 1 lápiz o pluma.

Desarrollo

NOTA
Es importante desarrollar esta actividad en un espacio ventilado, bajo la supervisión de un adulto.

1. Se agrega cuidadosamente el carbón vegetal molido en la vasija u olla metálica.
2. Se adicionan los 200 ml de vinagre hasta cubrir el carbón y se homogenizan los componentes con ayuda de la cuchara.
3. La vasija que contienen al carbón y el vinagre, se somete a calentamiento en una estufa (parrilla eléctrica, gas o cualquier fuente de calor) a fuego lento hasta que el vinagre se evapore.
4. Es necesario agitar periódicamente la mezcla con la cuchara de cocina metálica (grande); para esto se recomienda utilizar el guante de cocina y lentes. Este procedimiento dura aproximadamente de 18 a 20 min, y es necesario realizar este paso con mucha precaución para evitar cualquier tipo de accidente.
5. Esperar a que la vasija se enfrié.
6. Transferir el carbón obtenido a un recipiente de plástico y dejar secar por completo durante 24 h en una zona ventilada.



7. Finalmente, almacenar el carbón tratado o activado en un recipiente de plástico con tapa.

8. Observe y escriba los cambios que se presentan durante el procedimiento.

Conclusiones

En esta actividad se preparó carbón de granulometría (tamaño de grano) fina y se modificó exitosamente con vinagre blanco (ácido acético) para incrementar la capacidad de adsorción de contaminantes.

Lo que debes saber

El carbón es un material altamente poroso, sin embargo, existen diferentes fuentes de donde obtenerlo y tipos. Esta el **carbón mineral**, que es una roca sedimentaria de color negro, muy rica en carbono y con cantidades variables de otros elementos, como hidrógeno, azufre, oxígeno y nitrógeno. Arde fácilmente y es uno de los combustibles fósiles más utilizados. El **carbón vegetal** es un combustible producto de la combustión anaeróbica de la madera, es decir, una combustión sin oxígeno, solo madera expuesta a altas temperaturas durante un tiempo determinado. Existen varias fuentes de carbón natural: la cáscara de coco, madera, etc. Este tipo de carbón es sometido a modificaciones químicas para aumentar la porosidad y, con ello, la capacidad de adsorción de contaminantes.

Actividad 3. Preparar un filtro con materiales que comúnmente encontramos en el hogar

Es posible el aprovechamiento de materiales de uso común en el hogar para formar sistemas con capacidad de purificar el agua de desecho de los hogares, usando como principio la porosidad.

Los filtros para la eliminación de contaminantes del agua son muy comercializados, sin embargo, hay comunidades interesadas (algunas de escasos recursos) donde se necesita una alternativa que les proporcione agua limpia, principalmente de forma económica y que proteja al acuífero.

Ahora construiremos un filtro integrado por una variedad de materiales de diferentes composiciones, los cuales se complementan para formar un sistema útil que será utilizado en la **Actividad 4** para eliminar contaminantes de aguas de desecho en el hogar.

Pregunta de investigación

¿Qué característica principal deben tener los materiales para ser utilizados como filtro para eliminar contaminantes del agua de desecho de los hogares?

Objetivo

Desarrollar un sistema de filtro para la eliminación de contaminantes del agua a partir de materiales accesibles en el hogar.

Materiales

- 1 botella de plástico de 3 litros.
- Arena.
- Grava.
- Gravilla.
- Carbón activado obtenido de la **Actividad 2**.
- Algodón.
- Tijeras.
- Regla.
- Marcador.
- Clavo o similar (para perforadar la tapa rosca).

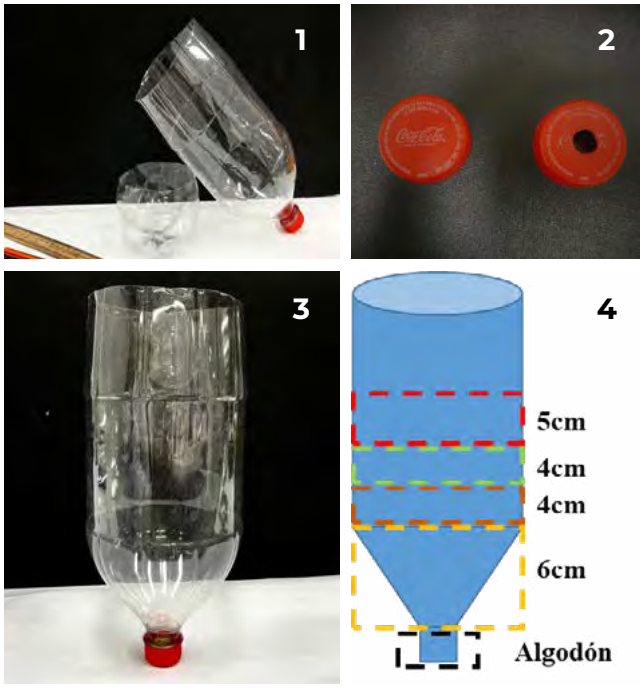
Desarrollo

1. Tomar la botella plástica de 3 litros y cortar con unas tijeras la parte inferior, como se muestra en la imagen.

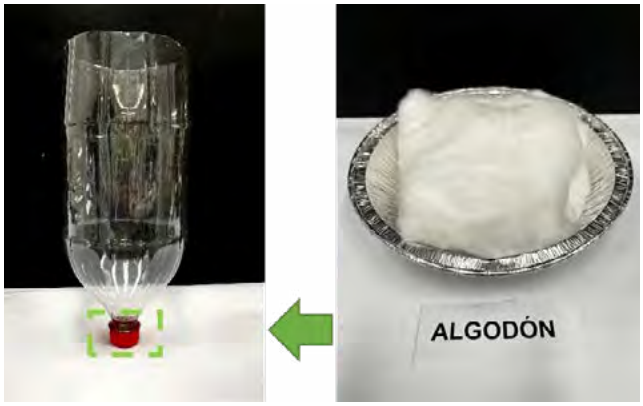
2. Realizar un orifico a la taparrosca de la botella. Esto se lleva acabo con la ayuda de un clavo o similar, el cual se calienta en su punta y, posteriormente, se introduce en el centro de la tapa plástica.

3. Colocar de forma invertida la botella cortada, de modo que, donde se realizó el corte, quede hacia arriba.

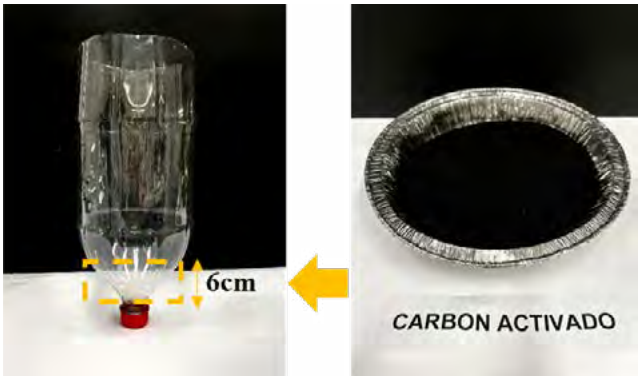
4. Rotular la botella con diferentes alturas según la cantidad de los diferentes componentes. En el fondo marcar a 6 cm, que es la cantidad de carbón activado que se usará; 4 cm de arena, 4 cm de gravilla y 5 cm de grava.



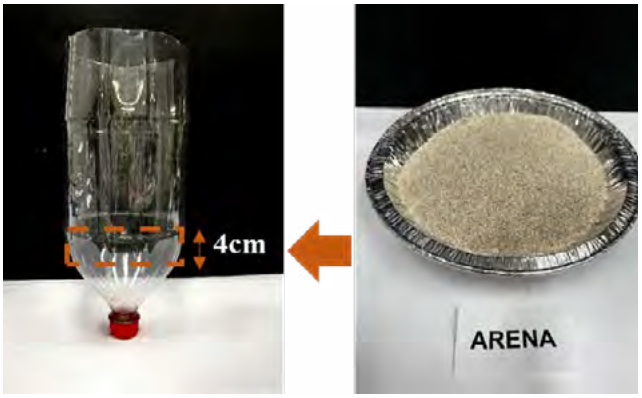
5. Acomodar un tapón de algodón en el fondo de la botella (donde está la taparrosca), de modo que alcance a cubrir el cuello, que mide 2 cm aproximadamente.



6. Verter cuidadosamente 6 cm del carbón activado obtenido en la **Actividad 2**.



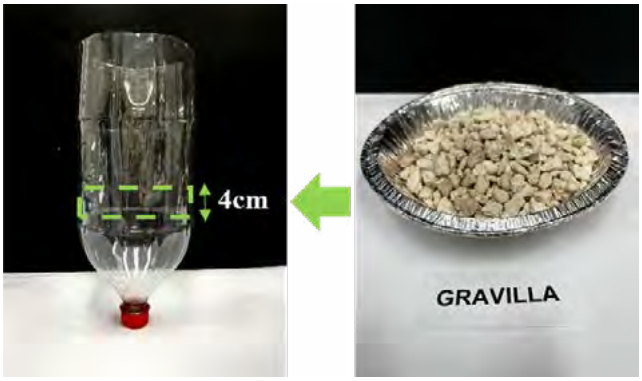
7. Agregar 4 cm arena encima del carbón.



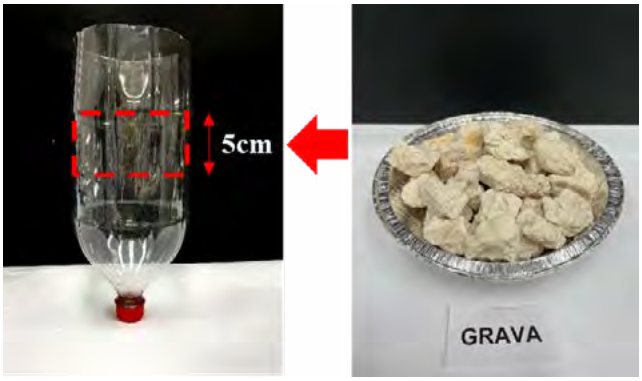
NOTA

Adicionar con cuidado porque el carbón se levanta fácilmente.

8. Colocar 4 cm de gravilla.



9. Añadir 5 cm de grava encima de la gravilla del paso anterior.



10. Como resultado de los pasos anteriores, se obtiene el filtro a utilizarse en la **Actividad 4**.

Lo que debes saber

Un filtro de agua es un aparato, el cual posee diversas capas de materiales, los cuales están sobrepuestos entre sí. Su función principal es purificar en determinado porcentaje el agua que pasa por él, logrando la retención de sólidos entre sus capas que son de naturaleza porosa y generando entre cada una de ellas, pequeños espacios que solo pueden ser atravesados por el agua, reteniendo las partículas sólidas como: arena, barro, óxido, polvo, hierro, etc.

Se pueden encontrar diferentes tipos de filtros que varían de acuerdo con su configuración y pueden ser elaborados industrialmente mediante procesos que elevan el costo de obtención, o mediante elementos fácilmente obtenibles en el medio considerado como filtros caseros que pueden ser fabricados fácilmente y a un bajo costo. Para la construcción de este tipo de filtros se pueden usar tres materiales que en la combinación exacta, logran purificar el agua en un porcentaje alto de sus impurezas; estos materiales son minerales de fácil acceso entre las personas, puesto que son muy comunes y económicos, siendo estos la arena, la grava o gravilla y el carbón activado.

Conclusiones

Se construyó un filtro casero para la eliminación de diferentes tipos de contaminantes del agua a partir de materiales accesibles en el hogar. La configuración de los materiales granulares empleados en el armado del filtro, fue establecida de menor a mayor tamaño de partícula, siendo en el siguiente orden: carbón activado-arena-gravilla-grava. El filtro casero obtenido quedó listo para la evaluación del proceso de filtrado de diferentes tipos de aguas residuales caseras.

Actividad 4. Purificando diferentes soluciones a través de un filtro casero

El agua subterránea es un recurso esencial para el desarrollo de las sociedades, ya que es una de las principales fuentes para consumo humano. De acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (Conagua), el 38.9% de este recurso en nuestro país (Conagua, 2019) corresponde al tipo subterráneo.

Los acuíferos están amenazados por la contaminación resultante de las dinámicas humanas, el desarrollo industrial y las actividades agrícolas. Los contaminantes vertidos son arrastrados hacia las fuentes de agua, ocasionando que ya no sea apta para el consumo humano.

Aunque existen sistemas para la limpieza y purificación del agua, estos requieren de procesos complejos y costosos; por lo que una estrategia para evitarlos es la prevención y cuidado del manto acuífero.

Ahora observaremos y aprovecharemos los beneficios de un filtro casero antes de verter este líquido al suelo.

Pregunta de investigación

¿Cambiará el pH de las soluciones al pasarlas por un filtro de carbón activado?

Objetivo

Purificar diferentes soluciones utilizando el filtro construido para comparar el agua antes y después de ser tratada.

Materiales

- Filtro construido en la **Actividad 3**.
- 400 ml de agua residual de lavadora (sin suavizante).
- Agua purificada (embotellada).
- Tiras de pH.
- Aceite de cocina.
- Colorante vegetal.
- Tierra.
- Hojas de árboles.
- Libreta para apuntes.
- Lápiz o pluma.

Desarrollo

1. Con ayuda de las tiras indicadoras de pH, medir el grado de acidez del agua embotellada y, a partir de esta, preparar su solución de agua contaminada. Anote el pH.

2. Prepare sus diferentes soluciones de agua contaminada:

   a. Agua de lavado: agregue una tapa (tapa de refresco) de detergente (de cualquier tipo) en 400 ml del agua o puede utilizar el agua que resulta del lavado de ropa o trastes.

   b. Agua con colorante: agregue dos gotas de colorante en 400 ml de agua embotellada.

   c. Agua con aceite: mezcle media tapa de aceite de comida en 400 ml de agua embotellada.

   d. Agua con contaminantes de la calle: mezcle una tapa de tierra y otra con hojas en 400 ml de agua.

1. Mida el pH de cada solución de agua contaminada preparada en el paso 2, con ayuda de las tiras indicadoras. Anote el pH de las soluciones.

2. Agregar la solución a través del filtro. Recuerde que la solución tardará en filtrarse, por lo que hay que ser pacientes. Observe qué sucede y anote sus observaciones.

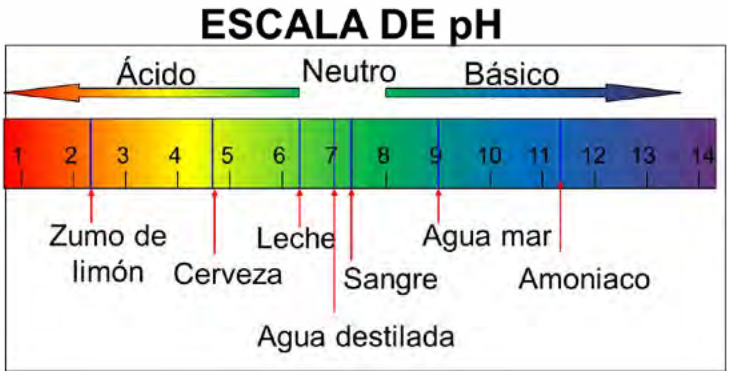
3. Repetir los pasos 2, 3 y 4 con las diferentes aguas contaminadas.

4. Finalmente, mida el pH de cada solución después de que pasó por el filtro. ¿Qué se puede observar con respecto al pH?, ¿hay cambio de coloración de las diversas soluciones?

NOTA
Las tiras de pH se pueden conseguir con cualquier distribuidor de productos de laboratorio u hospitalarios.

Lo que debes saber

Las industrias requieren un tratamiento de sus aguas residuales para cumplir con los reglamentos gubernamentales sobre la calidad del agua. Una de las pruebas principales para medir la calidad del agua es la medición del pH, una medida de la acidez o alcalinidad de una disolución. Para medir el pH se utiliza una escala que va de 0 a 14 en disoluciones acuosas, siendo un pH neutro igual a 7, ácidas aquellas que presenten pH menores a 7, y básicas las que presenten un pH mayor a 7. Existen diferentes formas para medir el pH, como los potenciómetros, indicadores de pH o papel indicador como el que utilizarán en el experimento.



Conclusiones

Muchas de las soluciones que utilizamos en el ejercicio, son residuos comunes que se generan en casa y que son casi imposibles de dejar de utilizar. Lo que sí podemos hacer es crear conciencia del uso de estos productos, reducir su uso y buscar alternativas de estos, sobre todo productos amigables con el medio ambiente.

CONCLUSÓN GENERAL

Como todos y todas sabemos, existe una problemática por el desabasto de agua en el país y el mundo; hay comunidades que no tienen acceso a este recurso, además que, contaminamos diariamente el acuífero, que es nuestro principal suministro de agua dulce. El uso de materiales porosos para la preparación de dispositivos y sistemas de filtrado, resulta ser una alternativa idónea para la eliminación de contaminantes y de cuidado del acuífero. En el presente proyecto se obtuvo exitosamente carbón natural granulado modificado con vinagre y fue utilizado para el desarrollo de un filtro a base de arena, grava y gravilla el cual fue utilizado para realizar una práctica y conocer cómo se lleva a cabo la eliminación de algunos contaminantes que están presentes en el agua de desecho de los hogares. Además, el objetivo principal fue crear conciencia y poner atención en los desechos que repercuten y contaminan las fuentes de agua dulce disponibles como el acuífero en la península de Yucatán.

SOBRE LOS AUTORES

«Hola, soy el **Dr. Ángel de Jesús Montes Luna**. Actualmente me desempeño como Investigador Asociado B adscrito a la Unidad de Materiales del Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY). En la etapa de preparatoria, cuando tenía tu edad, descubrí mi gusto por la Química y me involucré en algunos experimentos de los laboratorios de Química Industrial, como preparación de jabones (proceso conocido como saponificación a partir de grasas); otro de los procesos que realizamos fueron destilaciones fraccionadas. Lo recuerdo muy bien porque desde ahí y con orientación de mis maestros, estudié la licenciatura en Ciencias Químicas en la Universidad Autónoma de Coahuila (UAdeC). Posteriormente seguí preparándome y obtuve el grado de maestro y doctor en Tecnología de Polímeros en el Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), de Saltillo, Coahuila. Más adelante realice dos estancias de posdoctorales en la Unidad de Materiales del CICY. Hoy soy miembro del Sistema Nacional de Investigadores, Nivel 1».

«Hola soy el **Dr. Manuel de Jesús Aguilar Vega**, Investigador Titular D, adscrito a la Unidad de Materiales del Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C. (CICY). Cuando estaba en el bachillerato me enamoré de la química tratando de comprender como las sales podían cambiar a otras sales o formaban burbujas al ponerlas en contacto. Uniendo esto a mi interés en cómo funcionaban los motores y otros equipos decidí estudiar Ingeniero Químico en la Universidad Autónoma de Zacatecas, después de esto mi interés en los plásticos me llevó a estudiar la Maestría en Ciencias por la Universidad del Sur de California, posteriormente el doctorado en Ingeniería Química en la Universidad de Texas en Austin ahora soy miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel 2».

«Soy la **M. C. María Isabel Loría Bastarrachea**, soy Técnico Titular C adscrita a la Unidad de Materiales del CICY. Cuando era estudiante de bachiller como tú, me llamaba la atención investigar cómo se obtenían y que contenían los diferentes tipos de materiales que utilizábamos en los proyectos o trabajos manuales, como el pegamento líquido, la cinta adhesiva, los marcadores, los lápices y las pinturas de colores, así como el maquillaje que utilizaba (pintura de labios, sombras para los ojos, el rímel, etc.). Por eso me decidí a estudiar la carrera de Química Industrial en la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY). Posteriormente, continué mis estudios de posgrado realizando la maestría en Materiales Poliméricos en mi institución, el CICY, y actualmente soy miembro del Sistema Nacional de Investigadores, Nivel 1».

«Hola, soy la **Dra. Rita del Rosario Sulub Sulub**. Soy Técnico Titular B adscrita a la Unidad de Materiales del CICY. Cuando era estudiante de preparatoria, descubrí mi pasión por la Química. Me gustaba conocer cuál era la composición química de los objetos que me rodeaban (como los vasos, los pisos, la ropa, etc.), y, además, me interesaban todos los procesos químicos involucrados para obtener ese material. Por esto estudié la licenciatura en Química Industrial en la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY). Además, soy maestra en Ciencias en Energía Renovable y doctora en Materiales Poliméricos por el CICY. Actualmente soy miembro del Sistema Nacional de Investigadores, Nivel Candidato».

«Hola, soy el **M. C. Mauricio José Huhn Ibarra**, estudiante de séptimo semestre del programa de doctorado en Materiales Poliméricos en el área de membranas. A mí me llamó la atención estudiar algo relacionado con la ciencia de los procesos de separación, porque me apasioné con un proyecto de mi carrera en Ingeniería Química acerca de la purificación del biogás por medio de membranas. Por ende, cuando salí de la carrera decidí estudiar la maestría en Ciencias de Materiales Poliméricos en el CICY, en el área de membranas. Hoy estoy a punto de terminar el doctorado desarrollando un proyecto de mejoramiento de las propiedades de antiensuciamiento, rechazo de sales y colorantes de membranas poliméricas para el tratamiento de agua».

GLOSARIO

Acuífero: formación geológica que está constituida por una o más capas de rocas, capaz de almacenar y ceder el agua.

Adsorbato: sustancia adsorbida en la superficie de un adsorbente.

Adsorbente: sólido que tiene la capacidad de retener sobre su superficie un componente presente en corrientes líquidas o gaseosas

Filtro: dispositivo de separación que retiene ciertos elementos y deja pasar otros.

Kárstico: forma de relieve originada por meteorización química de determinadas rocas, como la caliza, dolomía, yeso, etc., compuestas por minerales solubles en agua.

Material poroso: sólido con una estructura porosa que le confiere cierta funcionalidad.

REFERENCIAS

Fragoso-Servón, P., Bautista, F., Pereira, A., y Frausto, O. (2019). Distribución de suelos en ambientes tectokársticos en la porción este de la península de Yucatán, México. *GEOS*, 36(2). https://geos.cicese.mx/index.php/geos/article/view/10

González Herrera, R. A., Albornoz Eúan, B. S. I., Sánchez y Pinto, I. A., y Osorio Rodríguez, J. H. (2018). El acuífero yucateco. Análisis del riesgo de contaminación con apoyo de un sistema de información geográfica. *Rev. Int. Contam. Ambie*., 34(4), 667-683. https://doi.org/10.20937/RICA.2018.34.04.09

Leal Bautista, R. M., y Acostas González G. (s. f.). *El acuífero de la península de Yucatán*. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. https://conacyt.mx/el-acuifero-en-la-peninsula-de-yucatan/

Luna, D., González, A., Gordon, M., y Martínez, N. (2007). Obtención de carbón activado a partir de la cáscara de coco. *ContactoS*, 64, 39–48. http://www2.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n64ne/carbon_v2.pdf

Okwundu, O. S., Aniekwe, E. U., y Nwanno, C. E. (2018). Unlimited potentials of carbon: different structures and uses (a Review). *Metallurgical and Materials Engineering*, 24(3), 145-171. https://doi.org/10.30544/388

Ramírez, A. P., Giraldo, S., Flores, E., y Acelas, N. (2017). Preparación de carbón activado a partir de residuos de palma de aceite y su aplicación para la remoción de colorantes. *Revista Colombiana de Química*, 46(1), 33-41. https://doi.org/10.15446/rev.colomb.quim.v46n1.62851

Descubriendo mi Talento
2022

Secundaria

Talento CICY

CONACYT
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

CICY

15

Construyendo un prototipo de casa con dispositivos generadores de energía limpia y renovable

M. C. José Martin Baas López

M. C. Enrique Escobedo Hernández

M. C. Jorge Arturo Domínguez Maldonado

Dra. Daniella Esperanza Pacheco Catalán

Dra. Beatriz Escobar Morales

Dr. Luis David Patiño López

Dr. Raúl Tapia Tussell

Unidad de Energía Renovable

Descripción

Este proyecto te ayudará a ampliar tu conocimiento sobre las características y aplicaciones de dispositivos como los biodigestores, páneles fotovoltaicos, aerogeneradores y supercapacitores.

Objetivo

Producir energía alternativa con estos dispositivos y almacenarla usando diversos materiales didácticos, así como su aplicación en el hogar.

Materia afín

- Ciencias I. Biología.
- Ciencia II. Física.
- Ciencias III. Química.
- Tecnología

¿Qué vas a aprender?

Construir un biodigestor para crear metano y aprenderás a generar energía mediante dispositivos como los páneles fotovoltaicos, aerogeneradores y almacenar esa energía en un supercapacitor.

Pregunta inicial

¿Podemos obtener energía eléctrica del sol y del viento?

PANORAMA GENERAL DEL TEMA

El cambio climático es una de las grandes preocupaciones de la población mundial debido a que las temperaturas elevadas de los vientos y los mares potencializan ciertos eventos climáticos, como los huracanes, tormentas tropicales e inundaciones, que atentan directamente en contra de la vida humana.

El incremento se debe a que ciertos gases se quedan atrapados en la atmósfera, evitando que la temperatura de la Tierra se libere al espacio y se enfrié naturalmente; es decir, lo que se conoce como efecto invernadero.

Varios gases de efecto invernadero se encuentran involucrados en este proceso, sin embargo, dos de los principales que están en gran cantidad son el dióxido de carbono (CO_2) y el metano (CH_4). Estos gases no son tan malos como son etiquetados normalmente y se generan de manera natural por procesos biológicos como la respiración y la fermentación de la materia orgánica. Por ejemplo, en la fotosíntesis las plantas absorben dióxido de carbono que es necesario para su crecimiento y la materia en descomposición sirve para abonar la tierra.

Sin embargo, hay una manera indirecta de generación de CO_2 y es cuando se quema cualquier sustancia que contiene carbono. El empleo de combustibles fósiles para el transporte y generación de energía eléctrica liberan a la atmósfera grandes cantidades dióxido de carbono. Lo mismo sucede con el metano durante la crianza del ganado bovino, porcino y avícola, que genera grandes cantidades de materia orgánica que favorecen a la liberación del gas. Estas cantidades son proporcionales al incremento de la población, la cual demanda mejor calidad de energía para su comodidad, transporte y alimentación (Guihua Yu, 2013).

Algunas acciones para mitigar el cambio climático se basan principalmente en disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero como, por ejemplo: caminar, usar bicicleta o transporte público, comer más verduras y frutas, reutilizar, reparar y reciclar artículos, y cambiar el tipo de energía que se consume en la casa.

Es en este punto en donde se ha tomado más interés incrementado el desarrollo e implementación de tecnologías en energía renovable como son los aerogeneradores y los páneles fotovoltaicos, baterías, supercondensadores y los biodigestores (Arancibia Bulnes, 2010).

PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

Anteriormente se comentó que los gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono y el metano, son causantes del calentamiento global. Un biodigestor puede controlar la generación de estos mediante la **digestión anaerobia**, proceso donde los microorganismos descomponen material biodegradable en ausencia de oxígeno.

El metano generado puede ser usado como gas para usar en una estufa o encender una turbina para generar energía eléctrica. En un biodigestor la intensidad y la duración de la producción de estos gases depende de algunos factores, entre los que destacan la temperatura a la que se encuentra y el **pH** (grado de acidez) del material biodegradado.

Otras de las alternativas para generar energía limpia es usar la **radiación solar**. Actualmente existen dos tecnologías que aprovechan esta energía y se clasifican en solares térmicas y solares fotovoltaicos.

Las solares térmicas, consisten en aprovechar el calor que esta radiación genera, la cual puede ser utilizada para calentar agua y cocer alimentos. Mientras que las tecnologías solares fotovoltaicas tienen un sistema de funcionamiento más complejo, el cual reside en la transformación de la energía luminosa, proveniente de la radiación solar, a eléctrica. A esto se le conoce como el efecto fotoeléctrico.

Para entender este efecto, imaginemos que un haz de luz del sol es capaz de arrancar electrones de los átomos de un metal; para eso, la luz debe ser de un color determinado y, cuando esos electrones fluyen por un conductor de cobre, generan una corriente eléctrica (**Figura 1**).

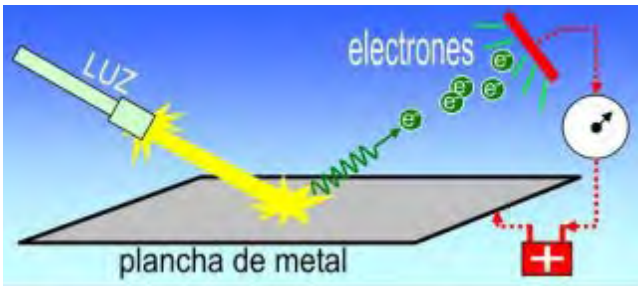


Figura 1. Diagrama del efecto fotoeléctrico (Espinoza, 2022).

Existen dispositivos que aprovechan el efecto fotoeléctrico y son conocidos como páneles fotovoltaicos, los cuales consisten en dos materiales semiconductores que se comportan como un metal y cuando se les irradia luz solar, envían carga positiva (protones) y negativa (electrones), haciendo que esta carga pueda ser aprovechada para encender un foco o almacenar esa energía en una batería (**Figura 2**).

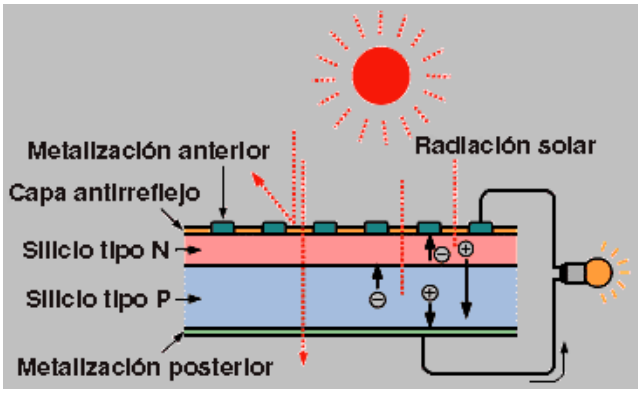


Figura 2. Esquema del funcionamiento del pánel fotovoltaico (Czajkowski, 2022).

La energía eólica puede ser aprovechada para generar energía eléctrica. Los dispositivos que transforman esa energía se lla-

man aerogeneradores, y son muy similares a un ventilador con aspas muy grandes y un motor, el cual es un generador eléctrico que funciona como un alternador o dínamo transformando la fuerza del viento en energía. En los aerogeneradores, cuando mayor sea la cantidad de viento que mueve las aspas, mayor será la energía producida (**Figura 3**).

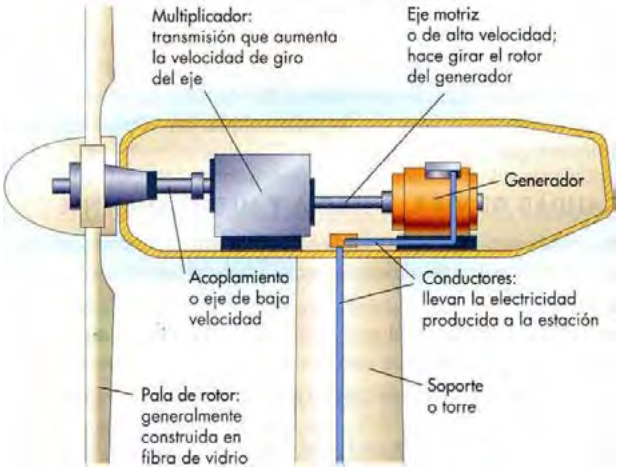


Figura 3. Partes internas del aerogenerador eólico (Andreotti, 2022).

Todos estos dispositivos aprovechan fuentes renovables de energía, como la radiación solar y la fuerza del viento, para generar energía eléctrica. Sin embargo, algunas de estas fuentes son totalmente dependientes del clima o del estado del tiempo; hasta los biodigestores se ven afectados por cambios en su temperatura dejando de producir gases.

La intermitencia en la generación de energía por parte de estas tecnologías lleva a apoyarse de otros sistemas que puedan almacenar la energía producida en el día y usarla en momentos en los que no existe producción de electricidad, o en su caso, es muy baja (ej. noches o días nublados en el caso de páneles fotovoltaicos).

Entre los diversos sistemas de almacenamiento de energía, el más común son las baterías, que la mayoría de los dispositivos móviles usan hoy en día. Una tecnología que surge actualmente es usar supercapacitores, que son dispositivos que están compuestos de dos electrodos sumergidos en un electrolito; cuando se les aplica un potencial entre los electrodos, se genera un exceso de electrones en el cátodo y una ausencia en el ánodo. Mientras esto ocurre, los iones que se encuentran en el electrolito se difunden a través del separador, generando una acumulación de iones positivos donde se encuentra la carga negativa, e iones negativos donde se genera la carga positiva. Cuando se deja de aplicar un potencial, este arreglo de iones y electrones se mantiene electroestático, y esto hace que el aparato almacene electrones para después ser usados al encender un foco (**Figura 4**) (Guihua Yu, 2013).

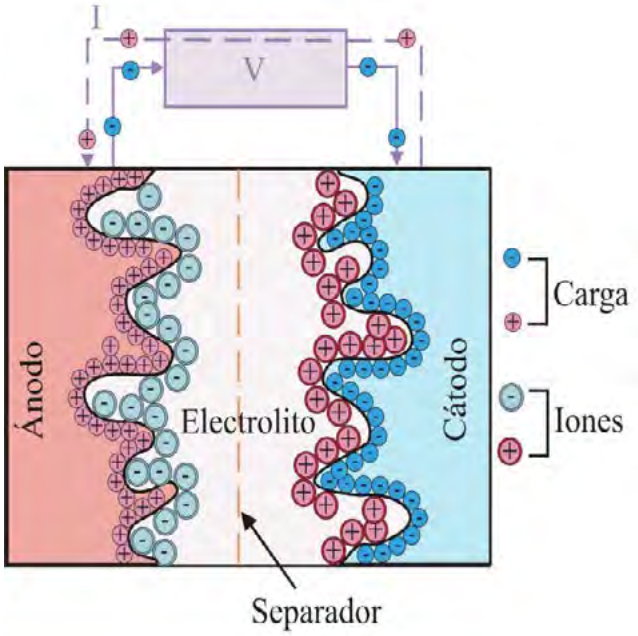


Figura 4. Esquema de un capacitor electroquímico, electrodos de carbono poroso ánodo y cátodo, separador y electrolito) (Guihua Yu, 2013).

Este proyecto te ayudará a ampliar tu conocimiento sobre las aplicaciones y características de dispositivos como los biodigestores, páneles fotovoltaicos, aerogeneradores y supercapacitores, y su aplicación en la generación y almacenamiento de energía. Para ello, harás uso de diversos materiales didácticos que el personal de los laboratorios de electroquímica, síntesis de catalizadores y celdas microbianas, de la Unidad de Energía Renovable del CICY, han preparado para ti.

¡Así te adentrarás en las tecnologías de energías alternas!

DESARROLLO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Se realizará la simulación de la producción de energía a partir de fuentes alternas, como el sol y el viento, y el almacenamiento de esta energía mediante el uso de dispositivos como el pánel fotovoltaico, el aerogenerador y el supercapacitor. Se armará una casa de papel cartón y se realizarán las conexiones eléctricas entre estos dispositivos con la finalidad de ver por separado sus comportamientos y constatar sus beneficios cuando funcionan en conjunto.

Actividad 1. Casa con fuentes renovables

Preguntas de investigación

¿Se obtendrá energía de fuentes como el sol y el viento?, y al igual que el agua en un tinaco ¿se podrá almacenar energía para usarla después?

Objetivo

Lograr entender la generación de energía usando un pánel fotovoltaico, un aerogenerador y almacenar esa energía en un capacitor electroquímico. Se armará una maqueta de una casa a escala con papel cartón y se conectarán eléctricamente estos dispositivos. Se encenderá un **LED** simulando la iluminación en un hogar.

Materiales

- Cartón (puede ser reciclado).
- Pistola de silicón caliente.
- Tijeras o cúter.
- Pegamento blanco.
- Papel crepé negro.
- Cinta aislante.
- Minimotor de corriente directa de 5 volts.
- Diodo LED de 5 volts.
- Celda solar de 6 volts (100 mA).
- Supercapacitor de 5 volts de capacidad de 1 **Faradio**.
- 1 metro de cable para bocina bicolor, calibre 22.
- Un par de caimanes.

Desarrollo

Armado de casa de cartón

En esta sección empezarás a armar tu casa. Te explicaremos las dimensiones que usarás para cortar el cartón y armar la casa. Lee con atención cada paso para que puedas armar con éxito tu maqueta. Mostraremos cómo se instala y conecta la celda solar y el aerogenerador con el supercapacitor.

1. Inicia cortando dos piezas de cartón de 14 cm de ancho x 8 cm de alto. Estas piezas serán las paredes laterales. A una pieza realízale dos cortes simulando una ventana de 4 cm x 4 cm, y una puerta de 4 cm de ancho x 6 cm de alto, como se observa en la **Figura 5 (b)**.

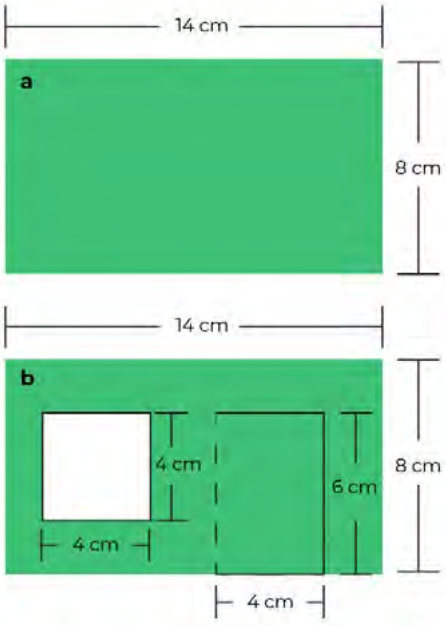


Figura 5. (a) Pared lateral, (b) pared con corte de ventana y puerta.

2. Ahora, corta dos piezas de 9 cm de ancho x 8 cm de alto; asegúrate que esta pieza quede en forma de triangulo equilátero, el cual deberá tener 4 cm de altura (ver **Figura 6**). Agrega un corte de ventana de 4 cm x 4 cm para ambas piezas.

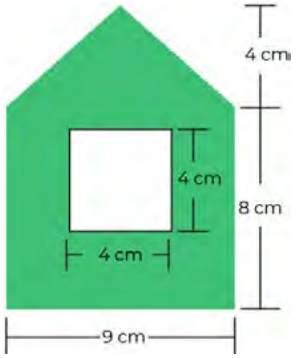


Figura 6. Pared frontal con corte de ventana.

3. Para formar el techo, corta una pieza de 16 cm de ancho por 14 cm de alto y dobla a la mitad (ver **Figura 7**).

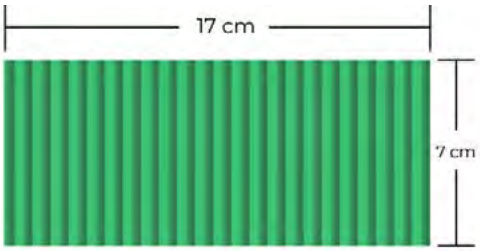


Figura 7. Tejado.

4. Con suficiente silicón caliente, une las paredes laterales con las paredes frontales; fíjalas a un base de cartón para que pueda tomar fuerza. El área de la base es libre y el techo sobreponlo y toma en cuenta no fijarlo hasta que tengamos las conexiones eléctricas de los dispositivos. Mira en la **Figura 8** cómo debe quedar hasta ahora el proyecto.

Figura 8. Maqueta de la casa.

Armado de aerogenerador

1. Corta tres piezas de cartón de 2 cm de ancho x 7 cm de alto x 1 cm ancho en la punta, como se muestra en la **Figura 9 (a)**. Estas piezas serán los «alabes».

2. Corta 6 círculos con un radio de 0.5 cm [ver **Figura 9 (b)**]. Une estas piezas formando un «sándwich» con pegamento blanco hasta obtener un grosor de 1 cm [ver **Figura 9 (c)**]. A esta pieza le llamaremos «multiplicador».

3. Marca ángulos de 120° sobre el multiplicador y en cada línea fija los alabes con silicón; debe quedar como se muestra en la **Figura 9 (d)**.

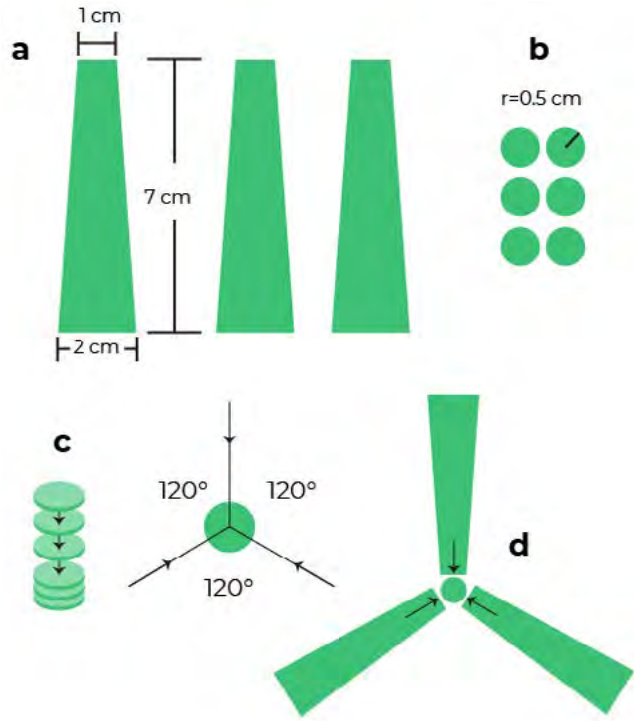


Figura 9. Piezas del aerogenerador: a) alabes, b) piezas multiplicador, c) multiplicador con marcas cada 120° y d) multiplicador con alabes.

4. Corta un pedazo de cartón de 22 cm de alto por 5 cm de ancho, ve enrollándolo y ponle pegamento para que el cartón no regrese a su forma original; mantenlo enrollado hasta que seque el pegamento [**Figura 10 (a)**]. A esta pieza le llamaremos «torre».

5. Corta dos círculos de 3.5 cm de radio [**Figura 10 (b)**] y únelos con pegamento. Después debes hacer un orificio en la base de acuerdo con el diámetro de la torre y fijarla a la base con silicón. Asegúrate que esté bien sujeta.

6. Con ayuda de un clavo, realiza una perforación al multiplicador e introduce el eje del minimotor de corriente directa en el orificio realizado, fija con abundante silicón y después fija este minimotor al extremo de la torre. Debe quedar como en la **Figura 10 (c)**.

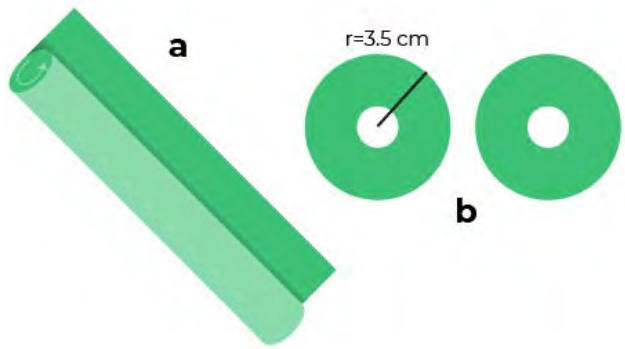


Figura 10. a) Armado de torre aerogenerador, b) corte circular de la base, y c) vista preliminar del aerogenerador

Tu avance debe verse así:

Figura 11. Maqueta con aerogenerador.

Conexión eléctrica de los dispositivos

En la **Figura 12** se muestra un diagrama como debería quedar la conexión eléctrica entre los dispositivos de generación de energía, como son el panel fotovoltaico y el aerogenerador. La energía producida por estos dispositivos se almacenará en el supercapacitor y, posteriormente, servirá para encender un led color rojo que simulará la iluminación de nuestro hogar. A continuación, te guiaremos en la conexión eléctrica de estos dispositivos.

1. Iniciaremos con la conexión del panel fotovoltaico. En la parte posterior de este dispositivo, identifica el cable positivo (+) color rojo, y el cable negativo (-) color negro. Desnuda un extremo de ambos cables. Haz lo mismo con el cable bicolor.

2. Ahora une los extremos de los cables del panel con los del cable bicolor, respetando el sentido de la polaridad que indica el panel: negro, polo negativo (-); y rojo, polo positivo (+). Corta el cable bicolor sobrante a una longitud de 20 cm y etiquétalo como «Panel». Fija el panel al techo de la casa con silicón.

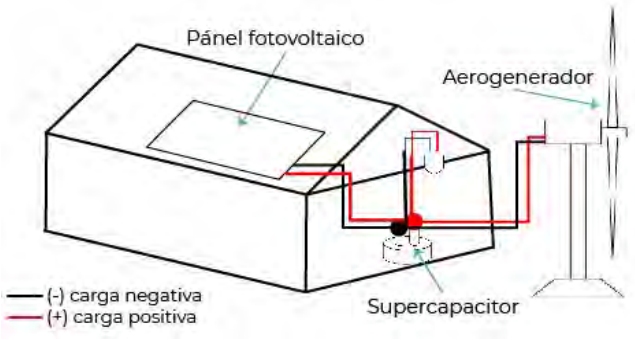


Figura 12. Diagrama de conexión de los dispositivos de generación de energía a un sistema de almacenamiento para encender un LED.

3. Ahora conectaremos el foco LED. Observa en este dispositivo que tiene una pata más larga que la otra; la pata larga es la terminal positiva (+) y la pata corta la negativa (-). Ahora conectaremos los cables del panel con las terminales del LED respetando el orden del color: cable rojo/terminal (+) del LED, cable negro/terminal (-) del LED. Saca la casita al sol y observa si logra brillar el LED.

4. Conexión del aerogenerador. Desnuda ambos extremos del cable bicolor y conecta las terminales del minimotor de 5 volts. Las terminales del mini motor traen un orificio para poder fijar el cable sin necesidad de soldar. Corta este cable con una longitud de 20 cm y etiquétalo como «Aerogenerador».

5. Procederemos a conectar el diodo LED con el aerogenerador. Une las terminales desnudas del cable bicolor del aerogenerador para conectar el LED; con la fuerza de la mano gira el aspa de tu aerogenerador en sentido de las manecillas del reloj y observa si enciende el LED. Identifica qué cable es positivo y negativo. Recuerda que en el foco LED, la pata larga es positiva y la pata corta negativa. Si el LED no enciende, intenta invertir el sentido de los cables y anota tus observaciones.

6. Ahora conectaremos el panel fotovoltaico para almacenar la energía con el supercapacitor y encender el foco LED. Observa el capacitor de 5 v y 1 Faradio, al igual que el diodo LED; este aparato tiene una pata larga que hace referencia a la terminal positiva (+) y una pata corta que hace referencia a la terminal negativa (-). Conecta los cables positivos y negativos del panel, con las terminales del capacitor y continua con la conexión del diodo LED como se observa en el esquema de la **Figura 13**.

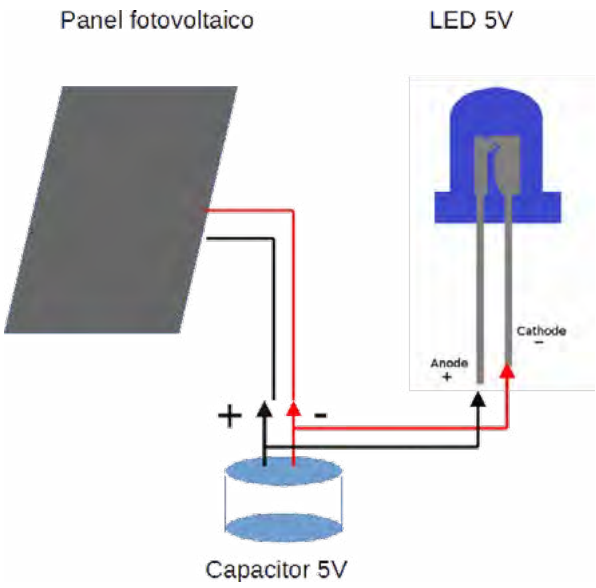


Figura 13. Diagrama de conexión del panel supercapacitor al LED.

7. Saca la casita al sol por 2 o 5 minutos y observa qué pasa. Anota tus observaciones y repite este procedimiento para la conexión entre el aerogenerador-supercapacitor-LED, con los mismos tiempos (2 a 5 minutos de viento). Anota tus observaciones.

Acá se muestra un ejemplo de la conexión de la casa con los dispositivos. Se logra apreciar que el LED enciende con ayuda de la energía almacenada en el capacitor.

Figura 14. Maqueta final. Se observan las conexiones eléctricas del aerogenerador, panel solar, supercapacitor y el LED encendido.

Lo que debes saber:

Los trazos de los ángulos puedes hacerlos con apoyo de un transportador.

El diodo LED y el supercapacitor tienen una terminal positiva y negativa. La terminal más larga siempre es la positiva.

En el panel fotovoltaico sus terminales positivas y negativas están identificados en la parte posterior; es necesario para lograr una buena conexión.

Conclusiones

Se logró armar una casa con papel cartón y se realizaron conexiones eléctricas entre los dispositivos. Asimismo, se generó energía a través de un panel fotovoltaico y un aerogenerador, posteriormente, se pudo almacenar. Se puede observar que sin necesidad de energía solar o del viento, se puede encender un LED para iluminación.

Actividad 2. Biodigestor

Pregunta de investigación

Si los desechos orgánicos producen gas metano, ¿podrían usarse como combustible para cocinar alimentos o para generar energía?

Objetivo

Aprenderás qué es un biodigestor de materia orgánica y cuál es su función, así como construir uno pequeño en tu hogar.

Materiales

- Contenedor 5 litros (**PET**).
- Pinzas alicate.
- Clavo.
- Encendedor.
- Pistola de silicón.
- Cinchos de 5 cm.
- Globo.
- 15 cm de manguera de 3/8.
- 500 ml de **inóculo**.

Desarrollo

La digestión anaerobia es una fermentación microbiana en ausencia de oxígeno que da lugar a una mezcla de gases (principalmente metano y dióxido de carbono), conocida como biogás, y a una suspensión acuosa o «lodo» que contiene los microorganismos responsables de la degradación de la materia orgánica. Sigue las instrucciones paso a paso para la construcción del biodigestor.

1. Encontrar un recipiente de 5 litros de PET con tapa, muy parecido al que se muestra en la **Figura 15 (a)**. Lávalo con agua y deja secar.

2. Realiza un orificio en la tapa del recipiente con un clavo caliente. Para ello tendrás que calentar el clavo con el encendedor y ajustar el diámetro para inserta la manguera de 3/8. Usa el alicate para sujetar el clavo, sella la unión entre la manguera y la tapa con abundante silicón por arriba de la tapa y por abajo para evitar fugas de gas. Deja enfriar tras este proceso.

Figura 15. a) Recipiente 5 de litros de PET, b) sellado de manguera con silicón, c) colocación del globo.

3. Después coloca el globo en la manguera y con tres cinchos sujétalo. Ayúdate de un cortador de uñas para cortar las partes sobrantes de los cinchos, como se ve en la **Figura 15 (c)**, para que los cinchos no estorben. Este globo servirá como cámara receptora del biogás.

4. Ahora debes de conseguir desechos orgánicos, de preferencia restos de frutas o verduras, cáscaras de plátano, de manzanas, residuos de tomates. Estos restos deberás de cortarlos en trozos pequeños, alrededor de 1 a 2 centímetros, hasta alcanzar la mitad del recipiente con material orgánico, como se observa en la **Figura 16 (a)**.

5. Podrás colocar restos de comida que tengan residuos de grasas, pero teniendo en cuenta que esta proporción debe ser muy pequeña con respecto a los otros desechos y, algo muy importante, es que no debes de colocar hojas de árboles, maderas etc.

6. Posteriormente verteremos el frasco de inóculo. Es importante realizar esta operación con guantes [ver **Figura 16(b)**]. Ahora llena con agua potable el recipiente hasta llegar a 10 centímetros antes de la boca. Cierra el recipiente y séllalo nuevamente con la pistola de silicón, tratando de evitar que existan fugas por la parte de la tapa. Una vez que el recipiente esté hermético, ocúltalo de la luz, o tapa con una tela.

7. Cada dos días anota los cambios en el recipiente y observa qué día comenzó a producir biogás (se infla el globo). Este experimento llévalo a cabo por dos semanas y observa la producción de biogás. Esperamos que te diviertas haciendo este experimento y recuerda que un biodigestor puede ayudar al medio ambiente.

Figura 16. A) Preparación del material orgánico para el biodigestor, b) inóculo.

NOTA
No colocar residuos de madera u hojas estos materiales, tardan en degradarse.

Conclusiones

Se logró comprobar que no es difícil armar un biodigestor con residuos orgánicos de la casa. Después de un tiempo se logra observar que las baterías degradan estos residuos y generan gas. Eso se pudo comprobar observando cómo en el tiempo, se infla el globo colocado en la salida.

CONCLUSIÓN GENERAL

Es este manual se presentaron diferentes energías renovables, como la fotovoltaica, eólica y de la biomasa. Estas presentan ventajas frente a las energías fósiles, ya que resuelven problemas del sistema energético actual, pues se consideran inagotables. Como observaste en el desarrollo de los prototipos, las energías renovables no necesitan una ingeniería muy avanzada; puedes hacer un biodigestor casero o incluso utilizar una corriente pequeña para almacenarla y usar posteriormente. Recuerda que estos procesos son amigables con el medio ambiente, ya que mitigan los gases que producen el cambio climático. Esperamos que esta experiencia haya ampliado tu conocimiento sobre las aplicaciones y características de dispositivos como los biodigestores, páneles fotovoltaicos, aerogeneradores, así como en el almacenamiento de energía usando supercapacitores. Estas herramientas te servirán en protección y conservación del medio ambiente para las generaciones futuras.

SOBRE LOS AUTORES

El **Dr. Raúl Tapia Tussell** es profesor Investigador Titular B en la Unidad de Energía Renovable del CICY. Es químico egresado de la Universidad Central de Las Villas, Cuba, y doctor en Ciencias de los Alimentos y Biotecnología por el Instituto Tecnológico de Mérida. Actualmente es miembro del Sistema Nacional de Investigadores, Nivel 2.

El **Dr. Luis Patiño López** es ingeniero en electrónica con doctorado en Instrumentación (Laser y Materia Densa) por la Universidad de Bordeaux 1 (Francia) en 2004, donde trabajó con materiales y sistemas termoeléctricos de estado sólido. De 2007 a 2008 fue investigador internacional para la Agencia Espacial Europea en el proyecto PCDF (Cristalización de proteínas en el espacio) que se llevó a cabo en la Estación Espacial Internacional. Desde octubre de 2014 es Investigador por México en el CICY, en la Unidad de Energía Renovable.

La **Dra. Beatriz Escobar Morales** es Investigadora por México, adscrita a la Unidad de Energía Renovable del CICY. Es licenciada en Física por la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, maestra y doctora por el Centro de Investigación en Energía de la UNAM. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores, Nivel 1. Ha publicado 54 artículos en revistas indexadas.

La **Dra. Daniella Esperanza Pacheco Catalán** es Profesora Investigadora Titular C en la Unidad de Energía Renovable, Química Industrial por la Universidad Autónoma de Yucatán, maestra en Ingeniería (Energía) por la UNAM y doctora por el Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C. Miembro del SNI, Nivel I. Coordinadora del Laboratorio de Energía del Sureste (LENERSE), grupo interinstitucional, y especialista en temas de hidrógeno y almacenamiento de energía.

El **M. C. Jorge Arturo Domínguez Maldonado** es Técnico Titular C; es químico egresado de la Universidad Autónoma de Yucatán. Tiene una maestría en Ciencias Marinas por el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. Actualmente pertenece al Sistema Nacional de Investigadores, nivel 1, y cuenta con más de 30 publicaciones internacionales en revistas indexadas y más de 300 citas en Scopus. Tiene 3 patentes nacionales y 3 patentes internacionales. Su línea de investigación está enfocada a la bioenergía.

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), en 2006. Es ingeniero mecánico-electricista por la Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad Veracruzana (FIME), en 1996. En 2009, ingresó al CICY donde ha colaborado en trabajos relacionados con el desarrollo de prototipos aplicando tecnología del hidrógeno y sistemas termosolares.

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

GLOSARIO

Digestión anaerobia: proceso en el cual, los microorganismos descomponen material biodegradable en ausencia de oxígeno.

Faradio: unidad de capacidad eléctrica del Sistema Internacional, equivalente a la capacidad de un condensador eléctrico que, al ser cargado con una cantidad de electricidad de 1 culombio, adquiere una diferencia de potencial de 1 voltio.

Inóculo: son las bacterias que realizarán el trabajo de degradar el material orgánico.

LED: acrónimo del concepto inglés *light-emitting diode*, diodo emisor de luz. En su interior hay un semiconductor que, al aplicar una tensión continua, emite luz.

PET: el tereftalato de polietileno, politereftalato de etileno, es un tipo de plástico muy usado en envases de bebidas.

pH: es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución acuosa.

Radiación solar: es el conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el Sol.

REFERENCIAS

Álvarez, A. G. (2011). *Evaluación de un reactor continuo de tanque agitado (RTCA) para la generación de hidrógeno a partir de diferentes concentraciones de glucosa y tiempos de retención hidráulica*. Tesis. Mérida, Yucatán, México.

Andreotti, J. I. (27 de octubre de 2012). Los generadores accionados por las turbinas a viento. *Electrónica, electricidad y telecomunicaciones*. https://egresadoselectronicaunc.blogspot.com/2012/10/los-generadores-accionados-por-las.html

Arancibia Bulnes, C. B., y Best y Brown, R. (2010). Energía del Sol. *Ciencia-Academia Mexicana de Ciencias*, 61(2), 10-17. https://biblat.unam.mx/es/revista/ciencia-academia-mexicana-de-ciencias/articulo/energia-del-sol

Czajkowski-Gómez, C. A. (13 de octubre de 2022). Preguntas frecuentes sobre energías alternativas. *Arquinstal*. http://www.arquinstal.com.ar/eficiencia/faqrenovables.html

Espinoza, M. (13 de octubre de 2022). Física cuántica. *Timetoast*. https://www.timetoast.com/timelines/fisica-cuantica-56d71961-6e38-4ed7-b4c9-01a03cbba032

Yu, G., Xie, X., Pan, L., Bao, Z., y Cui, Y. (2012). Hybrid nanostructured materials for high-performance electrochemical capacitors. *Nano Energy*, 2(2), 213-234. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2012.10.006

2S

Las abejas meliponas: de los saberes tradicionales a su anatomía interna

Br. Rodrigo Carrillo Solís

Br. Citlali Salcedo Jiménez

Biól. Delia Mariela Moreno

Dra. Alma Laura Rodríguez Piña

Dra. Ileana Echevarría Machado

Dr. Enrique Castaño de la Serna

Dra. Ángela Kú González

Unidad de Bioquímica y Biología Molecular de Plantas
(Laboratorio de microscopía e histología vegetal)

Descripción

Las personas participantes conocerán cómo a través de la ciencia se puede estudiar a las abejas desde diferentes perspectivas. Primero, su importancia en el equilibrio del medio ambiente y cómo forman parte de culturas como la maya, ya sea a través del uso medicinal, alimentario o industrial de productos como la miel y la cera. Asimismo, se identificarán las características físicas de la especie y cómo son estudiadas a través de técnicas y aparatos que implican el uso de la fluorescencia y los rayos UV.

Objetivo

Describir a nivel microscópico la anatomía de las abejas meliponas y las europeas, mediante la implementación de técnicas histológicas y la observación al microscopio. Se impartirán charlas acerca de las abejas mieleras, donde se explicarán las bondades y propiedades de la miel producida por la abeja melipona, así como datos relevantes de su apreciación e importancia en la cultura maya. Aunado a esto, se incentivará el interés y la curiosidad por la ciencia en los estudiantes utilizando el método científico para la generación del conocimiento.

Pregunta inicial

¿Se pueden identificar mediante la observación al microscopio de las estructuras de los tejidos a las abejas europeas, meliponas de México y de Honduras?

Materia afín

- Ciencias I. Biología.

¿Qué vas a aprender?

- El método científico: observación, hipótesis, experimentación y análisis.
- Trabajo grupal a distancia.
- Lenguaje académico-técnico.
- Papel de las abejas en la polinización y su importancia en el ecosistema.
- Características de las abejas meliponas y su importancia en la medicina tradicional maya.
- Identificar las diferentes estructuras internas de las abejas mediante la utilización de técnicas de histología y microscopia.

PANORAMA GENERAL DEL TEMA

La **abeja** melipona es una especie sin aguijón que cultivan los pueblos mayas desde hace cientos de años y la denominan «abeja sagrada maya», por la propiedad curativa que tiene su **miel**. Tal es la importancia de las abejas, que los mayas en la época prehispánica realizaban en su honor entre cuatro y seis ceremonias al año.

La principal característica de la abeja melipona es que no tiene aguijón, pero para defender su colonia «muerde» todo aquello que represente una amenaza y se aferran de tal manera que mueren durante el combate.

Dentro de los productos que esta abejita produce se encuentran la miel, el **polen**, la **cera**, el **propóleo**, además de su valioso servicio como polinizadora. Una colmena de melipona produce litro y medio de miel al año, su proceso de producción es más tardado en comparación con el de las abejas europeas que producen hasta 30 litros de miel anualmente.

Diferentes reportes han evidenciado la riqueza nutricional de la miel melipona, la cual presenta altos contenidos de potasio, así como la presencia de los aminoácidos

prolina y serina; además de propiedades antibacterianas (Albores-Flores et al., 2018).

Melipona beecheii en el ecosistema

Estas abejas son muy importantes culturalmente, pero también ecológicamente al ser polinizadoras de muchas especies de plantas nativas. En realidad, son especializadas en visitar y polinizar árboles y arbustos como el chile habanero y el achiote, observándoseles muy poco forrajeando en hierbas.

En este sentido, al depender de los árboles para sus sitios de anidación y para alimentarse, las hace muy susceptibles a la deforestación. De hecho, se ha documentado el declive de estas abejas debido a la deforestación, así como por intoxicaciones causadas por plaguicidas (Cortopassi-Laurino et al., 2006).

En la actualidad se encuentra muy desarrollada la **meliponicultura**, la cual es la crianza de las abejas meliponas; por lo cual, se han implantado programas de investigación sobre meliponicultura en centros especializados. Las particularidades genéticas de los melipónidos permitirían adaptar la producción de miel ante posibles cambios climáticos.

PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

Este proyecto te dará un panorama general en la búsqueda de conocimiento científico sobre las características y la importancia de las abejas meliponas y su uso en la medicina tradicional. Para lograrlo, harás uso de diversos materiales que tenemos en casa o que les enseñaremos de manera virtual, y te adentrarás en el mundo de los **microscopios** y de las abejas.

Durante el desarrollo de este proyecto conocerás aspectos relacionados con las abejas y su importancia en la vida y por qué se utilizan en la medicina tradicional. Así como, qué es un microscopio, una lupa, una tinción y la anatomía general de las abejas; de igual manera, descubrirás características importantes sobre los partes y comprenderás la diferencia entre abeja mielera y abeja melipona, entre muchos otros aspectos interesantes en general.

Además de ello, podrás desarrollar actividades experimentales basadas en el método científico que te permitirán preparar muestras de laboratorio como si estuvieras estudiando las abejas y sus características, a la vez que refuerzas tus habilidades en la búsqueda de información, para finalmente poder responder a la pregunta: ¿se pueden identificar mediante la observación al microscopio de las estructuras o partes, a las abejas europeas, las meliponas de México y de Honduras?

Este manual ha sido redactado por académicos y estudiantes de los laboratorios de regulación génica, de histología y de **microscopía** de la Unidad de Bioquímica y Biología Molecular del CICY, y se desarrollará aplicando el método científico, implementando prácticas simples con utensilios e insumos de fácil acceso. Con todo lo anterior, las y los jóvenes podrán desarrollar, a través de actividades sencillas, un proyecto que les permitirá ampliar sus conocimientos en el campo de la microscopia.

DESARROLLO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Actividad 1. Observación de la anatomía interna de los insectos

Pregunta de investigación

¿Se pueden identificar mediante la observación con una lupa, las estructuras celulares de los insectos?

Objetivo

Identificar las diferentes estructuras internas de los insectos mediante la utilización de técnicas de histología y microscopia.

Materiales

- Insecto.
- Lupa.
- Azul de metileno (colorante de peceras).
- Tijeras.
- Pinzas para depilar cejas.

Desarrollo:

1. Con la ayuda de una lupa, identificar las estructuras presentes en cada insecto (hormigas, abejas, escarabajos, moscas, etc.).
2. Observar si existen diferencias físicas entre ellas.
3. Si puedes utilizar unas tijeras y con ayuda de una pinza, corta en partes el insecto o disecta las partes de cabeza, estómago y alas o patas. Tíñelo con el colorante de peceras durante dos minutos y vuelve a observar con la lupa.
4. ¿Qué observas? Dibuja y registra en una libreta

Lo que debes saber:
Saberes de *Melipona beecheii:* abeja sagrada maya o *Xunán kab*

En la actualidad se han reportado que existen aproximadamente 20 000 especies de abejas en todo el mundo. Las diferentes especies de abejas varían en tamaño, forma, ubicación geográfica y en el modo de vida; sin embargo, la característica común entre todas ellas es que dependen de las flores para abastecerse de energía (néctar) y proteína (polen). Los meliponinos son abejas que, a diferencia de la mayoría de las especies que se conocen, viven en colonias permanentes con una reina y varias docenas o miles de obreras (varía entre especies). Son las únicas abejas, junto con las abejas melíferas, que son altamente sociales (Escalante, 2011). La principal característica de la abeja ***Melipona beecheii***, en comparación a la abeja ***Apis mellifera***, o mejor conocida como abeja española, es la carencia de un aguijón funcional, pero tienen otros métodos efectivos para defenderse de sus enemigos, como lo es el morder.

Melipona beecheii en la cultura maya

La *Melipona beecheii* la cultivan los pueblos mayas desde hace cientos de años y la denominan «abeja sagrada maya», por las propiedades curativas que tiene su miel. Tal es la importancia de las abejas que los mayas, en la época prehispánica, realizaban en su honor entre cuatro y seis ceremonias al año. Los productos de las abejas sin aguijón han sido ampliamente utilizados en la medicina tradicional maya. La miel se ha empleado para tratar afecciones de los ojos, oídos, problemas respiratorios, digestivos y de la piel; y las mujeres reciben este tipo de miel después del parto. Sin embargo, estas propiedades curativas y antibióticas de las mieles y resinas colectadas por las abejas sin aguijón, recientemente se han comenzado a estudiar y a valorar fuera de las comunidades campesinas, de manera que existe un potencial económico importante en esta área (Escalante, 2011).

Alimentación

En Yucatán se ha reportado que la familia de flores que más frecuente visitan estas abejas es Fabaceae, mientras que, las especies en común son: *Gymnopodium floribundum* Rolfe (*tsi'tsi'lche*), *Mimosa bahamensis* Benth. (*sak katsin*), *Piscidia piscipula* (L.) Sarg. (*ja'bin*), *Senna racemosa* (Mill.) H.S. Irwin & Barneby (*x-k'anlol che*), y *Viguiera dentata* (Cav.) Spreng. (Tah) (Canto y Pérez, 2021).

Figura 1. Abejas *Melipona beecheii* (Canto y Pérez, 2021).

Hábitat y distribución

La distribución de la *Melipona beecheii* va desde la península de Yucatán en México, hasta Cuba y Jamaica, y partes de Centroamérica, pero no existe presencia fuera de América (Canto y Pérez, 2021). Se pueden distribuir en ambientes con climas templados, tropicales y subtropicales (Hammond y Blakenship, 2009).

Peculiaridades de las abejas

Su comportamiento es más dócil en comparación a *Apis Mellifera,* facilitando su cultivo y manejo sin necesidad de equipo de protección, no tienen aguijón funcional y son abejas resistentes a los parásitos y enfermedades que atacan a *Apis mellifera* (Escalante, 2011) (ver **Figura 2**).

Figura 2. Abejas mexicanas (información tomada de *Universum*, UNAM).

¿Cómo se observa a los insectos en el laboratorio?

El microscopio electrónico de barrido (**SEM**, *Scanning Electron Microscope* en inglés) es un tipo de microscopio electrónico capaz de producir imágenes de alta resolución de la superficie de una muestra utilizando las interacciones electrón-materia. Aplica un **haz de electrones** en lugar de un haz de luz para formar una imagen. Cuando se utilizan plantas y animales pequeños como muestras, las imágenes que este microscopio nos proporciona son un espectáculo visual debido a que agranda las estructuras. Con este microscopio se pudo observar características específicas de las abejas meliponas, la cual es un tipo de insecto, a partir de tejidos histológicos cortados con un **criostato**.

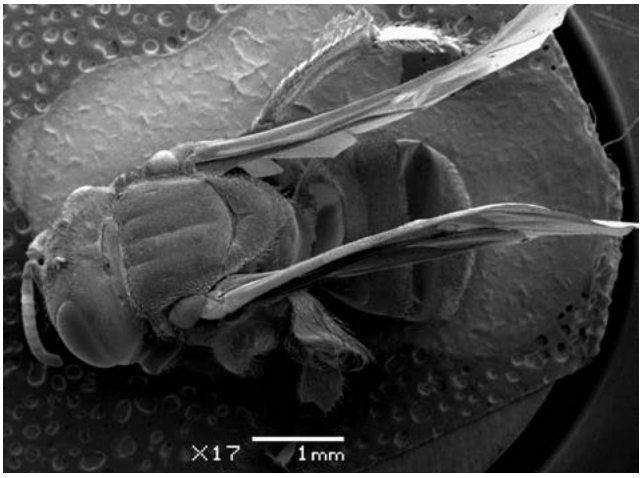


Figura 3. Abeja melipona vista en el microscopio electrónico de barrido (SEM).

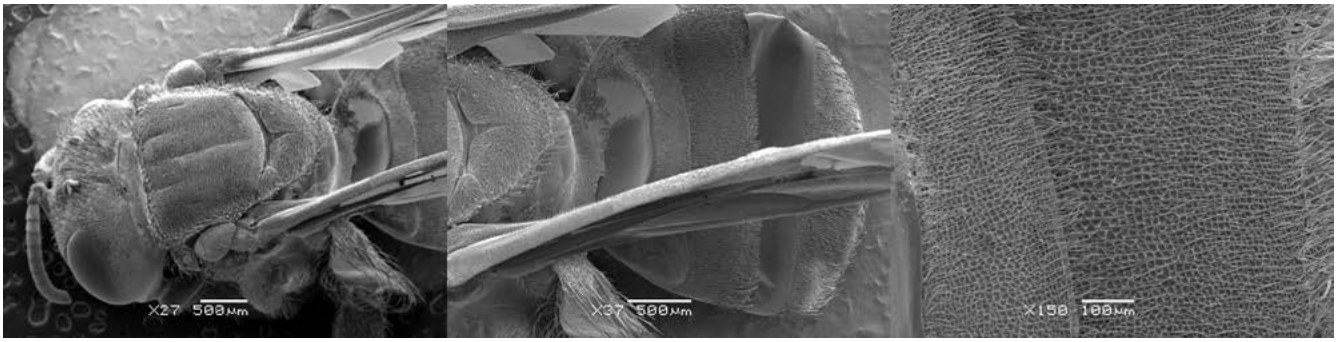


Figura 4. Detalle del tórax de la abeja melipona vista en el SEM.

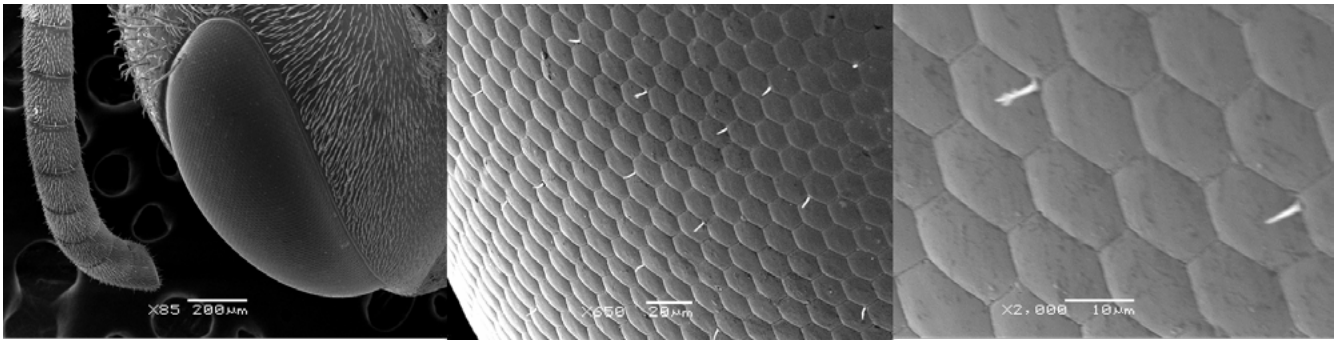


Figura 5. Ojo de abeja melipona y detalles en varias magnificaciones (SEM).

Cortes histológicos de abeja vistos en microscopio óptico

Figura 6. Ojo de abeja visto en campo claro con tinción de hematoxilina-eosina.

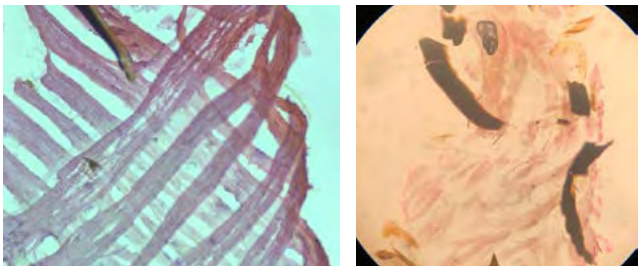


Figura 7. Ovario de abeja melipona.

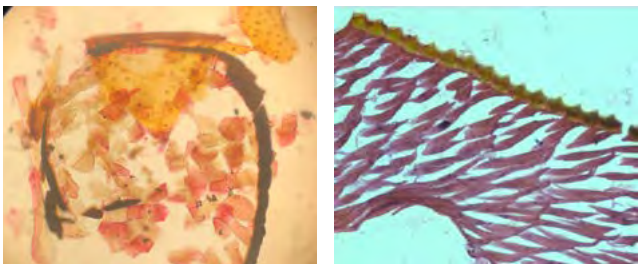


Figura 8. **Lamelas** y fibras musculares de abeja melipona.

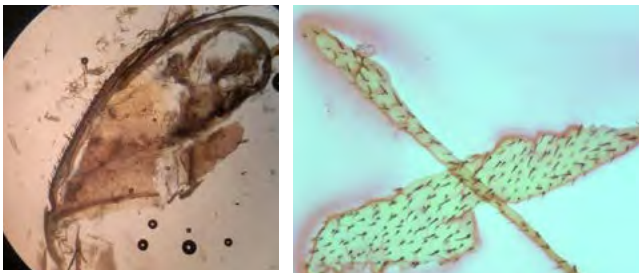


Figura 9. Cuerpo y ala de abeja melipona.

Actividad 2. Fabricación de etiquetas fluorescentes

Pregunta de investigación

¿Es posible hacer una lámpara de luz ultravioleta (UV) con el teléfono o con una lámpara manual para visualizar el fenómeno de la **fluorescencia** desde casa?

Objetivo

Observar el fenómeno de la fluorescencia utilizando materiales del hogar.

Materiales

- Cinta transparente.
- Plumón permanente azul.
- Acetona.
- Plumón marcador de texto de color fluorescente.
- Frasco transparente de vidrio.
- Cuchara.
- Vaso de vidrio.
- Pincel.
- Lámpara del teléfono celular o una lámpara manual.

Desarrollo

Parte 1: Lámpara UV

Para visualizar la fluorescencia se utilizará una lámpara de luz UV creada de forma sencilla. Para ello, se seguirán los siguientes pasos:

1. Recortar un poco de cinta transparente y pegarla sobre la lámpara del teléfono o la lámpara manual, tratando de cubrirla por completo con la cinta.
2. Pintar con un plumón permanente azul sobre la cinta transparente, cubriendo toda el área.
3. Agregar una capa de cinta transparente encima de la cinta pintada en azul, y volver a pintar la cinta con el plumón azul.
4. Repetir el paso anterior hasta agregar de 6 a 8 capas de cinta.
5. Encender la lámpara UV. ¡Está lista!

NOTA
Al encender la lámpara, debe visualizarse una luz de color azul. Y recuerda tener mucho cuidado al manipular la acetona.

Parte 2. Frasco con diseño fluorescente

1. Sacar el embalse del plumón marcador de color fluorescente (el embalse es la estructura que contiene la tinta y se encuentra dentro del plumón). Realizar este paso con cuidado, debido a que el **embalse** del plumón mancha con tinta.
2. Colocar el embalse de tinta dentro de un vaso de vidrio con un poco de acetona y con una cuchara revolver hasta que la acetona se tiña del color del plumón.
3. Agregar un poco de esmalte de uñas transparente a esta mezcla.
4. Mojar un pincel con la mezcla previa y pintar el frasco transparente de vidrio con el diseño de tu preferencia.

NOTA
A simple vista no se verá lo que pintaste. No te preocupes, es algo normal.

5. Después de pintar el frasco, dejarlo secar.
6. Ir a un lugar con oscuridad y encender la lámpara UV que se realizó en la **Parte 1**.
7. Visualizar con la lámpara UV el vaso de vidrio con la acetona, y el frasco transparente que pintaste. En este punto se podrá observar la fluorescencia de la acetona del vaso de vidrio debido a la tinta fluorescente del plumón, y también podrás ver la fluorescencia del diseño que pintaste en el frasco. ¡Increíble! ¿cierto?

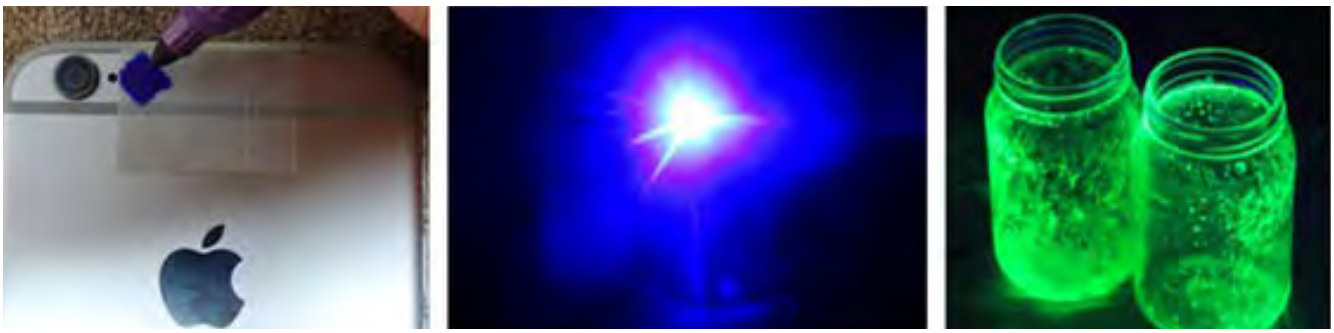


Figura 10. Lámpara UV de celular y frasco fluorescente.

Lo que debes saber

La fluorescencia es un fenómeno presente en organismos como bacterias, hongos, plantas y animales. Se caracteriza por la rápida emisión de luz como resultado de la excitación de los electrones de un sujeto al absorber la energía procedente de una fuente de radiación ultravioleta. El número de especies conocidas en las que ocurre este fenómeno aumenta cada día. Se ha descrito en periquitos, gecos y camaleones, y en multitud de artrópodos como escorpiones, mariposas, escarabajos, libélulas, milpiés, etc. El uso de linternas ultravioletas puede ayudarnos a visualizar el fenómeno de la fluorescencia en la oscuridad (García Roa, 2021).

Por otro lado, la **bioluminiscencia** es un proceso que se da en algunos organismos vivos, en donde se crea una reacción química que produce luz. La mayoría de las veces podremos verlo de noche en la orilla de las playas donde revientan las olas, que es el momento en que no nos lo impide la luz del día. Pero ¿cómo es que se produce? Este fenómeno ocurre gracias a la energía generada por una reacción química, y esta se manifiesta como luz. Para ello intervienen la enzima **luciferasa**, la proteína luciferina, el oxígeno y el nucleótido **trifosfato de adenosina (ATP)**. La luciferasa cataliza la oxidación de un sustrato de luciferina y con el ATP se obtiene la energía celular que permite producir esa emisión de luz. En general, este fenómeno lo podemos encontrar en plantas, animales, bacterias y hongos. En cuanto a la utilidad de la luminiscencia para los organismos, son varias: como camuflaje para confundirse con la iluminación ambiental; también se piensa que a unos les puede servir como herramienta de defensa, pues con ello disuaden a sus posibles depredadores o lo contrario, les puede servir como señuelo para atraer presas; a otros más como distracción, tal es el caso de calamares que, en vez de tinta, sueltan una nube bioluminiscente que les da oportunidad de huir; una utilidad más es la comunicación, y por último, la iluminación, en especial en organismos abisales (Rízquez, 2017).

Actividad 3. ¿Cómo se ve la fluorescencia en la naturaleza?

Pregunta de investigación

¿Se pueden identificar, mediante la observación con una lupa y la lámpara UV, las estructuras celulares fluorescentes de la naturaleza?

Objetivo

Identificar las diferentes estructuras de la naturaleza mediante la utilización de técnicas de microscopía con fluorescencia.

Materiales

- Hojas de cualquier planta.
- Cúrcuma (especie para cocinar) en polvo.
- Cuchara.
- Molcajete.
- Colador.
- Temolote, mano o pistilo para triturar en el molcajete.
- Alcohol.
- 2 frascos o vasos de vidrio.

Desarrollo

Parte 1. Obtención de clorofila de las hojas

1. Del jardín, tomar 2 hojas de color verde y córtala en cuadritos.

2. En un frasco, colocar la hoja y un poco de alcohol y revolverlo (lo suficiente para humedecer la hoja).

3. Una vez humedecida, colocar la hoja en el molcajete y desbastarla con el pistilo.

4. Pasar el líquido por el colador. El líquido resultante ponerlo de nuevo en el frasco.

5. Apagar la luz y alumbrar el frasco con la lámpara UV (creada en la **Actividad 2**). ¿De qué color lo ves? ¿Fluorece?

Parte 2. Buscando fluorescencia en la cúrcuma

1. Agregar alcohol en un frasco de vidrio. Llenar hasta la mitad.

2. Agregar una pizca de cúrcuma en polvo al frasco con alcohol. Revolver con una cuchara para formar un remolino.

3. Apagar la luz y alumbrar el frasco con la lámpara UV. ¿De qué color brilla? ¿Fluorece?

Figura 11. Fluorescencia de la clorofila.

Lo que debes saber:

La microscopia y las proteínas fluorescentes

Desde el inicio de nuestra existencia, la humanidad nos hemos preguntado acerca de los organismos y fenómenos que nos rodean. Esto nos ha llevado a imaginar, inventar, diseñar y construir instrumentos que nos ayuden a contestar nuestras preguntas. En 1653, el biólogo conocido como el «padre de la microbiología», Anton Van Leeuwenhoek, diseñó el primer microscopio simple con el que descubrió por primera vez a los glóbulos de la sangre (1673), los protozoos (1675), las bacterias (1676), los espermatozoides (1677) y la circulación de la sangre a través de los capilares de la cola de un renacuajo (1688).

Los microscopios (del griego *mikrós*, «pequeño», y *skopéin*, «observar») son instrumentos de óptica que nos permiten ver objetos muy pequeños o detalles estructurales imposibles de distinguir a simple vista porque están por debajo del límite de resolución del ojo humano.

Actualmente ha sido posible fabricar diferentes tipos de microscopios, los cuales nos ayudan a ver una gran infinidad de microorganismos. Existe el microscopio óptico, microscopio de campo oscuro, microscopios invertidos, estereoscopio, microscopio electrónico, microscopio electrónico de barrido (**MEB**), microscopio de fluorescencia y confocal.

Es muy común ver en nuestras escuelas, para la clase de biología y microbiología, el microscopio óptico, el cual funciona mediante la iluminación de la muestra con luz visible. Esto significa que existe un foco de luz apuntando hacia la muestra. Esa misma luz es conducida a través del objetivo y del ocular hasta llegar a formar la imagen en el ojo del observador.

El microscopio de fluorescencia es aquel que utiliza las propiedades de la luz para generar una imagen de la muestra con diferentes longitudes de onda. Este microscopio permite observar moléculas que emiten luz propia cuando son excitadas con una longitud de onda determinada. Este tipo de microscopios utilizan la luz **UV-Vis** (radiación con longitud de onda comprendida entre los 160 y 780 nm). La absorción de la radiación emitida en una muestra causa la promoción de un electrón a un estado excitado. Además, estos microscopios incorporan filtros de luz para aislar la luz correspondiente a la muestra.

Los insectos también emiten fluorescencia

Existen muchos insectos diferentes que emiten fluorescencia, como, por ejemplo, las luciérnagas, los cocuyos, escarabajos o las medusas que sintetizan la proteína verde fluorescente (**GFP**), entre otros. Estos emiten su fluorescencia mediante la catálisis de la reacción de oxidación de la proteína luciferina, una molécula fluorescente que, al oxidarse, actúa como emisor de luz. Sin embargo, existen otros insectos que utilizan mecanismos diferentes para lograr la fluorescencia, tales como algunas especies de escorpiones. La causa, según varios estudios al respecto, está en la presencia de dos compuestos químicos concretos que se van degradando dentro del insecto a medida que emiten la fluorescencia: la **β-carbolina** y la 7-hidroxi-4-metilcumarina. Ambas moléculas se encuentran en la cutícula y actúan como colectores de fotones, transformando la luz ultravioleta en cian-verdosa.

No creíste que te haríamos cortar un escorpión, ¿verdad? ¡Por eso usamos plantas en esta actividad!

CONCLUSIÓN GENERAL

Las diferentes disciplinas científicas que abordamos durante el desarrollo de este proyecto nos ayudan a hacer una investigación más a fondo y nos dan una visión más amplia del tema. Es así como se realizan las grandes indagaciones en este fascinante mundo de la investigación para tener resultados importantes para aportar soluciones a los problemas. El trabajo en equipo es mucho mejor y es algo que promovemos en estos eventos de divulgación.

La microscopía es una herramienta importante para muchas disciplinas científicas, por no decir todas. Nos permite observar con detalle lo que nuestros ojos muchas veces no alcanzan a ver. Y cuando añadimos etiquetas fluorescentes y además hacemos grandes magnificaciones es posible contestar algunas preguntas de las células que estemos observando.

Y finalmente, el cuidado, manejo, conservación y aprovechamiento integral de las abejas sin aguijón como un legado de los conocimientos tradicionales de los mayas, así como la parte de la ciencia que es gran aporte al cuidado del ecosistema del planeta, es el mensaje que dejamos para este proyecto.

SOBRE LOS AUTORES

Dra. Ángela Kú González

«Soy química industrial egresada de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Autónoma de Yucatán. Tengo una maestría en Energías Renovables y un doctorado en Ciencias de la Educación. Desde la secundaria supe que quería ser química. Actualmente, soy responsable de los Laboratorios de Microscopía y de Histología en el CICY, donde tomo fotografías con los diferentes microscopios empleando varias técnicas de iluminación; también asesoro a los estudiantes para la preparación y desarrollo de sus experimentos».

Dr. Enrique Castaño de la Serna

«Estudié la carrera de Biología en la Universidad Autónoma de Baja California y me especialicé como doctor en Bioquímica y Biofísica en la Universidad de Rochester. Actualmente soy investigador de la Unidad

de Bioquímica y Biología Molecular de Plantas del CICY. Mi trabajo de investigación se centra el estudio de la estructura nuclear y su función en la regulación genética».

Dra. Ileana Echeverría Machado

«Estudié la licenciatura en Bioquímica en la Facultad de Biología de la Universidad de La Habana. Me especialicé como doctora en Biotecnología Vegetal en el CICY. Actualmente mi trabajo de investigación se centra en la interacción que existe entre las plantas y el ambiente que les rodea».

Dra. Alma Laura Rodríguez Piña

«Estudié la licenciatura de Químico Farmacéutico Biólogo en la Universidad Autónoma de Zacatecas. Me especialicé como doctora en Biología Molecular de Plantas y Hongos en el Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica (IPICYT). Actualmente trabajo con el hongo Ustilago maydis, el cual produce el muy conocido y delicioso huitlacoche».

Biól. Delia Mariela Moreno

«Trabajo como docente investigadora en el departamento de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras en el Valle de Sula (UNAH-VS). Estudié la licenciatura en Ciencias Biológicas en la Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH). Actualmente estudio la maestría en Ciencias Biológicas, opción Bioquímica y Biología Molecular, en el Centro de Investigación Científica de Yucatán. Mi tesis de maestría se centra en evidenciar como influye la alimentación sobre la fertilidad de las abejas sin aguijón (meliponas)».

Br. Rodrigo Carrillo Solís

«Soy de Mérida, Yucatán. Estoy estudiando el décimo semestre de la carrera de Ingeniería en Biotecnología en la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY). Desde pequeño me ha gustado la Biología y la Medicina. Cuando era niño me encantaba ver Discovery Chanel y mi padre me regalaba libros de dinosaurios. Cuando inicié la universidad me encantaba mucho la Biología y Biología celular; mis maestros y maestras me enseñaron las bases de todo. En mi servicio social me dediqué a la extracción de aceites esenciales con propiedades antidiabéticas, utilizando métodos de laboratorio para su obtención. Para mí fue muy importante debido a que pude aportar a la búsqueda de un tratamiento alternativo para tratar esta enfermedad. Actualmente me encuentro realizando mi trabajo de tesis, el cual está enfocado a la transformación de las especies *Arabidopsis thaliana* y *Nicotiana benthamiana* en el Centro de Investigación Científica de Yucatán. Siempre me han gustado las plantas y me gustaría siempre saber un poco más de ellas. Nunca se termina de aprender».

Br. Citlalli Salcedo Jiménez

«Soy del estado de Tabasco y actualmente me encuentro estudiando el noveno semestre de la carrera de Ingeniería en Biotecnología en la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY). La Ingeniería en Biotecnología es una disciplina que combina los conocimientos desarrollados por ciencias como la Física, Química, Biología, Bioquímica, Microbiología, Genética y Bioinformática. Su principal enfoque es utilizar seres vivos para crear nuevos productos (medicinas, cosméticos, alimentos, etc.) o mejorar procesos, ya sean naturales o industriales. Desde muy

pequeña me interesé mucho en la ciencia, especialmente en el área de la Biología y Química. Siempre me ha gustado conocer acerca de los seres vivos, así como los procesos relacionados con la vida. Ahora me encuentro tomando un entrenamiento en el Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY). Estoy aprendiendo sobre técnicas de microscopía y tinciones de tejidos vegetales y animales; de forma específica, me encuentro trabajando con abejas de las especies *Apis mellifera* y la melipona».

GLOSARIO

Abeja: insecto de unos 15 mm de largo, de color pardo oscuro y con vello rojizo, con dos pares de alas transparentes cruzadas de nervios; vive en colonias. Produce la cera y la miel.

***Apis mellifera*:** especie de abeja melífera originaria de África, Europa y del Medio Oriente. Las razas europeas han sido ampliamente introducidas en las Américas, Asia, Australasia y el Pacífico. Las razas africanas han sido introducidas en Sudamérica y se han expandido en toda Centroamérica y en los Estados Unidos.

Adenosín trifosfato (ATP): es un nucleótido fundamental en la obtención de energía celular.

Bioluminiscencia: es un proceso que se da en algunos organismos vivos, en donde se crea una reacción química que produce luz.

β-carbolina: es un alcaloide encontrado en diversas plantas.

Cera: sustancia que segregan las abejas obreras por unas de sus glándulas; la recogen y las abejas cereras la moldean con sus mandíbulas y van construyendo el panal.

Criostato: también conocido como criotomo, es un microtomo de congelación que se utiliza para cortar rebanadas de material congelado; se encuentra en el interior de una cámara fría.

Embalse: es la parte que contiene la tinta, se forma a partir de poliéster.

Fluorescencia: es el fenómeno donde la absorción de luz de una longitud de onda dada por una molécula es seguida por la emisión a longitudes de onda más largas (visible).

GFP: *Green fluorescent Protein*.

Haz de electrones: corriente de electrones (partículas pequeñas con carga negativa que se encuentran en los átomos).

Lamelas: es una capa muy delgada de la cutícula, la cual tiene una forma parabólica; esta forma parte del integumento, el cual es el límite protector.

Luciferasa: es un término genérico para la clase de enzimas oxidativas utilizadas en bioluminiscencia

Luciferinas: son compuestos que se utilizan para la obtención de luz en organismos bioluminiscentes, mediante la actividad catalítica de la enzima luciferasa.

MEB: Microscopio Electrónico de Barrido.

***Melipona Beecheii*:** llamada en maya *xunán kab* (la señora abeja), también llamada jicote o jicota en otras partes de Mesoamérica. Es un insecto himenóptero, de la tribu Meliponini de abejas sin aguijón. Esta especie fue cultivada en la península de Yucatán desde la época precolombina por los mayas.

Meliponicultura: es la crianza de las abejas meliponas o abejas sin aguijón.

Microscopio: instrumento que permite observar objetos demasiado pequeños para ser percibidos a simple vista.

Microscopía: observación de objetos muy pequeños bajo grandes aumentos.

Miel: es definida por el código alimentario como la sustancia dulce, no fermentada, producida por las abejas del néctar de las flores o de las secreciones sobre o de las plantas vivas que ellas recolectan, transforman y combinan con sustancias específicas y, que finalmente, almacenan y maduran en los panales.

Polen: sustancia delicada en polvo que producen las células masculinas de las plantas en flor. Es recogida por las abejas como fuente de alimento.

Polinización: el traslado del polen de las anteras de una flor al estigma de la misma flor o de otras.

Propóleo: resina de la planta recogida por las abejas melíferas y usada para sellar las hendiduras y brechas de sus colmenas.

SEM: *Scanning Electron Microscope*.

UV-vis: Ultra-violeta visible**.**

***Xunán kab*:** abeja *Melipona beecheii*.

REFERENCIAS

Albores-Flores, V., Marín-Saenz, I. J., López-García, J. A., Sánchez-Gutiérrez, A., y Grajales-Conesa, J. (2018). Propiedad antifúngica de mieles sobre el desarrollo *in vitro* de *Colletotrichum gloeosporioides*. *Revista mexicana de fitopatología*, 36(3), 423-431. https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1805-3

Biointeractive. (s.f.). Al ver lo invisible: Leeuwenhoek y el descubrimiento de un mundo microscópico. *YouTube*. https://www.youtube.com/watch?v=57SZHltgSJc

Canto Aguilar, A., y Pérez Morfi, A. (2021). ¿Dónde desayuna *Xunan kaab* en la península de Yucatán? *Desde el Herbario CICY*, 13, 45-52. https://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Desde_Herbario/2021/2021-02-25-Perez-Morfi-y-Canto-Aguilar-Donde-desayuna-Xunan-Kaab.pdf

Cobos Murcia, J. A. (2012). La historia del microscopio (primera parte). *La ciencia y el hombre*. https://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol25num1/articulos/historia/

Cortopassi-Laurino, M., Imperatriz-Fonseca, V. L., Roubik, D. W., Dollin, A., Heard, T., Aguilar, I., Venturieri, G. C., Eardly, C., y Nogueira-Neto, P. (2006). Global meliponiculture: challenges and opportunities. *Apidologie*, 37(2), 275-292. https://doi.org/10.1051/apido:2006027

Escalante Semerena, E. (2011). *Melipona Beecheii, una abeja sin aguijón en la península de Yucatán*. ASERCA. https://web.archive.org/web/20121125035008/http://www.aserca.gob.mx/artman/uploads/BOLETIN_ABRIL_2011.pdf#page=2&zoom=auto,0,341

García Roa, R. (2021). Fluorescencia. *Ciencia ciudadana*. Enfoque verde. https://metode.es/wp-content/uploads/2021/05/108ES-enfoque-verde-fluorescencia.pdf

Hammond, G., y Blankenship, M. (2009). Apis mellifera. *Animal Diversity Web*. https://animaldiversity.org/accounts/Apis_mellifera/

Rízquez, A. (2017). Bioluminiscencia, fascinante fenómeno natural. *Ciencia hoy*. https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-25/ct-menu-item-27/17-ciencia-hoy/1026-bioluminiscencia-fascinante-fenomeno-natural

Mundo microscopio. (s.f). *Tipos de microscopios*. Consultado en septiembre 2022. https://www.mundomicroscopio.com/tipos-de-microscopios/

Welter, K. (2008). La proteína verde fluorescente: una herramienta valiosa en la biomedicina. *Avances en Química*, 3(3), 99-103.

3S

El epazote polifacético. De la mesa al laboratorio

M. C. Lucila Aurelia Sánchez Cach[1]

Q. F. B. Rosa Grijalva Arango[2]

Ing. Agr. Alfredo Dorantes Euan[2]

Q. I. Irma Leticia Medina Baizabal[3]

Q. B. B. Mirbella del Rosario Cáceres Farfán[3]

[1]Unidad de Bioquímica y Biología Molecular de Plantas.
[2]Unidad de Recursos Naturales.
[3]Unidad de Biotecnología.

Descripción

Es importante conocer los diversos usos de las plantas, ya que la gran mayoría produce sustancias que le sirven para defenderse del ataque de **patógenos** o como atrayentes para los **polinizadores**. Estas sustancias o moléculas se han estudiado y se emplean para combatir enfermedades bacterianas y parasitarias que nos afectan, entre otras funciones.

Dada la infinidad de plantas que se conocen con estas propiedades, hemos seleccionado al epazote (*Dysphania ambrosioides* [L.]) para que el alumnado pueda tener un acercamiento a la clasificación de las plantas, identificarlas como modelos de estudio, conocer los métodos de extracción de metabolitos y las técnicas de análisis de estos .

Objetivo

Conocer las propiedades organolépticas, importancia y usos del epazote (*D. ambrosioides*), y analizar la composición de algunos de sus extractos.

Materia afín

- Ciencias I: Biología
- Ciencias III: Química

¿Qué vas a aprender?

- Los elementos y aplicación del método científico: observación, reconocimiento del problema, hipótesis, predicción, experimentación, análisis de resultados y comunicación de los hallazgos.
- La importancia del epazote en nuestra vida diaria y los beneficios en nuestra salud de modo inadvertido.
- Analizar un extracto de manera rápida y sencilla.

Pregunta inicial

¿Puede el epazote tener sustancias útiles, además de dar aroma, sabor y color a los alimentos?

PANORAMA GENERAL DEL TEMA

Las plantas medicinales constituyen una valiosa alternativa terapéutica y su validación científica es una necesidad. No se puede limitar a la sabiduría popular la seguridad y eficacia de una planta porque cada parte tiene numerosas **sustancias** con actividad biológica, capaces potencialmente de producir efectos tóxicos. La introducción de estas en la terapéutica debe efectuarse sobre una base científica que valide tanto sus acciones farmacológicas como su toxicidad (Pérez Machín et al., 2008).

El epazote (**Figura 1A**), como es conocido en México y cuyo nombre científico es *Dysphania ambrosioides* (*L.)* Mosyakin y Clemants, pertenece a la familia botánica Amaranthaceae (Plants of the World Online, 2022). Comúnmente se le encuentra en los hogares como ingrediente culinario, así como **remedio** de un gran número de padecimientos (Taylor, 2005). Es una planta herbácea aromática, anual, de olor fuerte, de aproximadamente 40 cm de altura; las hojas son oblongo-lanceoladas y serradas, de entre 4 cm de longitud y 1 cm de ancho, con pequeñas flores verdes (Flora of North America, 2022; Gadano et al., 2006).

En la cocina mexicana, el epazote se utiliza en un gran número de platillos para intensificar los sabores y perfumar los guisados; ejemplo de estos son: frijoles de olla, sopas, moles, esquites, tamales, quesadillas, papadzules, salsas verdes, caldo tlalpeño y chilaquiles. Estos guisos los observamos en las **Figuras 1B, 1C, 1D y 1E.**

Figura 1. El epazote y sus usos en la cocina mexicana. A) Planta de epazote en un ambiente natural, B) frijoles de olla, C) tamales, D) esquites, y E) papadzules (Fotografías de autoras y autores).

La medicina popular de muchos países de América Latina y el Caribe utilizan las decocciones e infusiones de epazote, así como su aceite esencial como antiparasitario, **emenagogo** y **abortifaciente** (Duke, 1985). La manera tradicional de preparar la **infusión** es añadir agua hirviendo en un recipiente con las hojas secas y dejar reposar tapado por 5 minutos; tiene un aroma característico, resultando en una preparación de color amarillo intenso. Esta infusión da un sabor medio si no está muy concentrado, la cual se toma en cuanto está al tiempo (Pardo de Santayana et al., 2005; MacDonald et al., 2004).

Además, durante las primeras décadas del siglo XX, el aceite esencial era uno de los antiparasitarios de mayor distribución en humanos, perros, gatos, caballos y cerdos. Su uso decayó en la década de los cuarenta del siglo pasado al descubrirse antiparasitarios menos tóxicos (Gibson et al., 1965; Quinlan et al., 2002).

El aceite esencial de *D. ambrosioides* es un líquido incoloro, o ligeramente amarillo, de consistencia no muy viscosa, con olor penetrante y pungente parecido al alcanfor, con un sabor ligeramente amargo y se extrae de la planta completa, especialmente de las semillas y frutos, mediante destilación por arrastre de vapor (Gadano et al., 2006). Es irritante a las mucosas del tracto gastrointestinal y la sobredosis causa la muerte en seres humanos y ratones (De Pascual et al., 1980). Durante el siglo XIX el aceite de epazote desarrolló una importante industria alrededor del llamado «Aceite de Baltimore» (MacDonald et al., 2004).

Los componentes principales en el aceite esencial de epazote son productos de naturaleza monoterpénica (**moléculas** de 10 carbonos) y sesquiterpénica (15 carbonos) y principalmente ascaridol, un peróxido terpénico, en concentraciones de hasta el 70%. En

la **Figura 2** se muestran algunos ejemplos de las estructuras de estos metabolitos. Otros metabolitos encontrados son el limoneno, β-pineno, mirceno, alcanfor y α-terpineol entre otros (De Pascual, 1980; Sagrero-Nieves y Bartley, 1995); safrol y saponinas.

El empleo del epazote crudo, en té o en agua, es un remedio de uso **ancestral** para eliminar los **parásitos**. Pero se debe tener cuidado, pues ingerido en exceso puede causar graves daños a la salud, tanto en niños como en adultos. Algunos síntomas puede ser náuseas, vómitos, e intenso dolor abdominal y de cabeza hasta trastornos neurológicos con crisis convulsivas, parálisis y, en casos extremos, caer en un cuadro de coma.

El doctor Miguel Ángel Yrade Padilla, jefe del Servicio de Toxicología del Hospital General del Centro Médico Nacional La Raza, pide no tratar de desparasitarse con esta planta. Lo mejor es acudir con el médico familiar o de cabecera, para que, de acuerdo con la edad, peso y talla, se determine la dosis adecuada (Guzmán Maldonado et al., 2017).

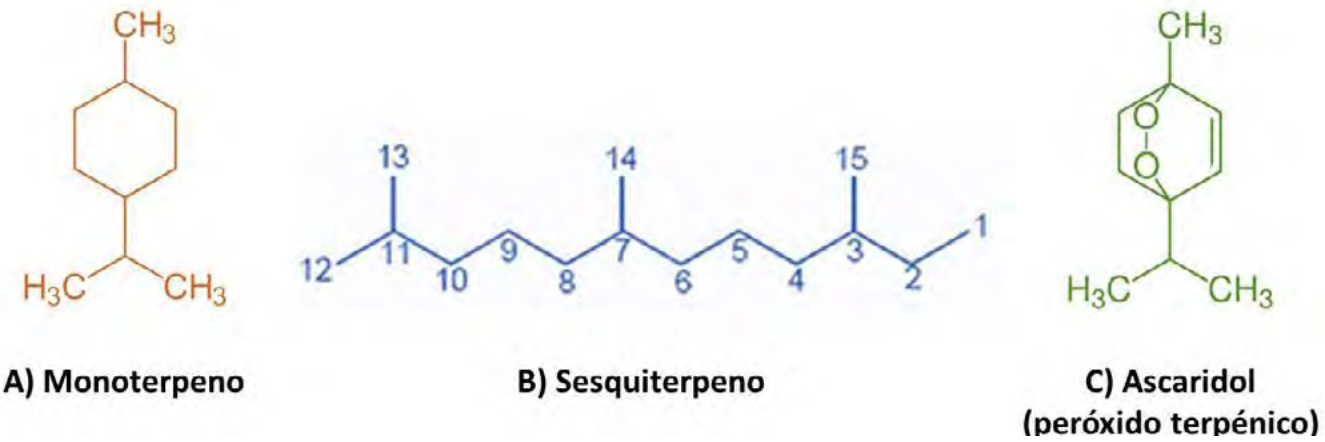


Figura 2. Estructura química de las unidades que conforman algunos metabolitos secundarios del epazote A) Monoterpeno y B) Sesquiterpeno. C) Ascaridol, principal metabolito secundario.

PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

En un trabajo de investigación con productos naturales como los metabolitos secundarios de las plantas, se requiere del conocimiento previo del **modelo de estudio**. En este sentido, lo que se quiere expresar es que se debe conocer a la planta, saber de su cultivo y su origen, investigar el uso que le han dado los médicos tradicionales y determinar los componentes y la cantidad de estos mediante diversas técnicas del laboratorio.

En este proyecto, el epazote es nuestro modelo de estudio, por lo que la primera actividad se centrará en conocerlo. Posteriormente, extraeremos los metabolitos secundarios mediante la técnica de **maceración** con dos solventes. Finalmente, aplicaremos la técnica de **cromatografía** en capa fina para separar a los metabolitos secundarios obtenidos.

DESARROLLO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Actividad 1. Origen del epazote y su uso tradicional

El epazote es una planta que se emplea en la cocina; a menudo, es común encontrarla en cultivos de traspatio. En esta actividad te invitamos a acercarte a una planta, conocerla, olerla y tener una muestra en una cartulina como si fuera una muestra de herbario.

Pregunta de investigación

¿Qué es el epazote y para que nos puede servir?

Objetivo

Conocer el origen del epazote, su cultivo y sus usos.

Materiales

- Computadora
- Libreta o libro
- Cartulina
- Lápiz y/o pluma
- Una rama de epazote
- Pegamento

Desarrollo

1. Investiga el origen y **taxonomía** del epazote.
2. Averigua qué variedades de epazote existen.
3. Investiga los usos del epazote en la cocina.
4. Investiga los usos del epazote en la salud.
5. Visita el supermercado, mercado local o jardín de algún conocido e identifica una planta de epazote.
   - Colecta una planta del epazote y ponla en un cuaderno o libro viejo como se muestra en la **Figura 3A**. Cierra la libreta o libro hasta que se seque la muestra.
   - Corta una cartulina en tamaño oficio.
   - Una vez seca la rama, pégala en la cartulina.
   - Por último, elabora la etiqueta, escribe la familia botánica, el nombre científico, el nombre común y sus usos. Así ya tendrás tu ejemplar de herbario como se muestra en la **Figura 3B.**

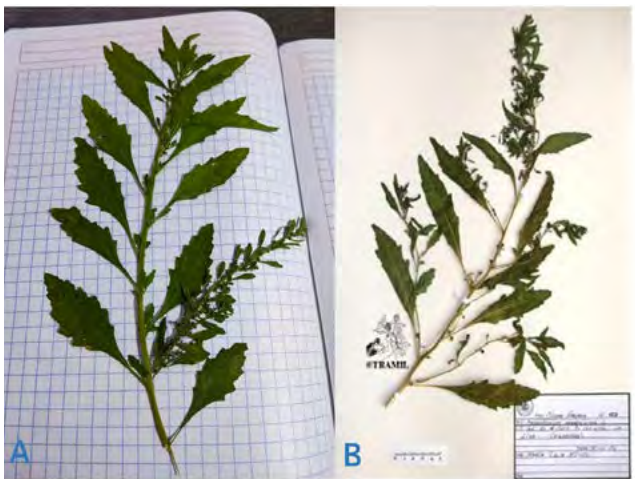


Figura 3. Desarrollo de la muestra de herbario. A) Planta colectada lista para dejar secar en una libreta, y B) ejemplar de herbario lista para archivar.

6. Toma fotos de tus visitas, de tu hoja de herbario y también de los alimentos preparados en casa que llevan epazote durante estas dos semanas.

NOTA
Si deseas conocer más acerca de plantas medicinales consulta la siguiente liga: https://www.tramil.net/es/plant/dysphania-ambrosioides

Lo que debes saber

Su nombre proviene del náhuatl *epatl*, que significa «hierba fétida», y *tzotl*, que se entiende como «dulce». Era conocida por aztecas y mayas, quienes la utilizaban en la cocina como condimento y también para el tratamiento de algunos padecimientos. En Yucatán la usamos para preparar los famosos papadzules y también para eliminar los parásitos intestinales, ya que contiene una sustancia llamada ascaridol. Actualmente la producción de epazote en México es mayor a las 2000 toneladas anuales.

Conclusiones:

1. La taxonomía del epazote es la siguiente:
   - Nombre común o vernáculo: Epazote.
   - Reino: Plantae.
   - Clase: Equisetopsida.
   - Orden: Caryophyllales.
   - Familia: Amaranthaceae.
   - Género: Dysphania.
   - Especie: *Dysphania* ambrosioides.
   - Nombre científico o binominal: *Dysphania ambrosioides* L.) Mosyakin y Clemants.

2. Antes se llamaba *Chenopodium ambrosioides* L., sin embargo, los taxónomos la cambiaron de género y ahora el nombre valido es *Dysphania ambrosioides* (L.) Mosyakin y Clemants.

3. Existen tres variedades principales: el epazote blanco, el verde y el morado, siendo el verde el más popular en la cocina.

4. En la cocina se usa para condimentar y realzar el sabor de los alimentos.

5. En la salud se le conoce principalmente como antiparasitario, pero también se asocia como antimicrobiano. Se utiliza también para disminuir los dolores menstruales (cólicos), estomacales e intestinales; calma el nerviosismo excesivo, descongestiona las vías respiratorias y aumenta la producción de leche materna (Fuente: https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/hierba-olorosa-y-sabrosa-es-el-epazote).

Actividad 2. Extracción de metabolitos secundarios

Actualmente una palabra de moda es «metabolismo» y en términos generales se refiere a todos los procesos físicos y químicos de los organismos de cualquier reino. En esta actividad hablaremos un poco de este tema, pero enfocado a las plantas. ¿Qué es lo que vamos a hacer?

Pregunta de investigación

¿Consideras posible extraer metabolitos de tejido vegetal en casa?

Objetivo

Extraer los metabolitos contenidos en las plantas de epazote por el método de maceración.

Materiales

- 8 ramitas de epazote.
- 100 ml de alcohol (de farmacia).
- 100 ml de acetona (de farmacia).
- 2 frascos de vidrio pequeños.
- Papel Servitoalla.
- Tijeras.
- Etiquetas de papel.
- Molcajete (o un tazón y tenedor).
- 2 goteros.

Desarrollo:

1. Marca dos frascos de vidrio con las etiquetas y escribe lo datos siguientes:

   - Nombre de la planta.
   - Tu nombre.
   - La fecha.
   - Disolvente (acetona o alcohol).

2. Sobre una hoja de papel Servitoalla, corta 4 ramitas de epazote (10 g) en pedazos pequeños con las tijeras, **Figura 4A** hasta dejar como la **Figura 4B.** Debes repetir este proceso una vez **más, es decir**, que deberás tener dos porciones de tejido.

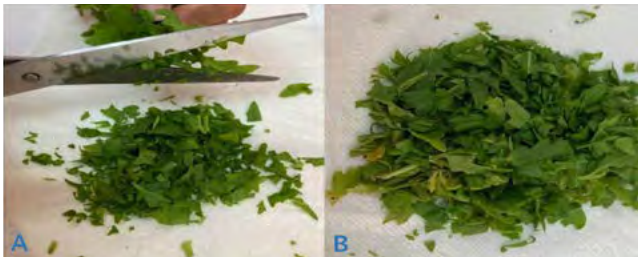


Figura 4. Proceso de la muestra para iniciar la extracción. A) Muestra fresca picándose con tijera, y B) muestra lista para el siguiente proceso.

3. Deposítalos en el molcajete o tazón y macera, ya sea con la piedra del molcajete o con el tenedor.

4. Añade etanol al tejido macerado con la ayuda del gotero hasta cubrirlo y continúa macerando hasta tener todo homogéneo (**Figura 5A**). Repite la misma operación con otra porción de tejido, pero ahora añade acetona (**Figura 5B**). Transfiere el líquido de las extracciones con la ayuda de los goteros a frascos con

tapa (**Figura 5C**). Este tipo de extracción se llama maceración.

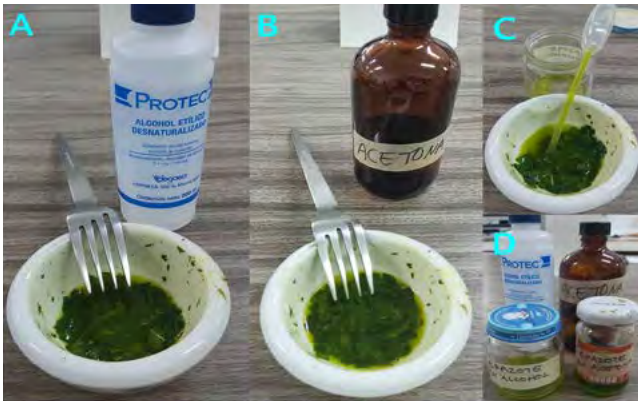


Figura 5. Proceso de extracción de la muestra. A) Muestra macerada en alcohol, B) muestra macerada en acetona, C) transferencia al frasco con la ayuda de un gotero y D) muestras listas para guardar en refrigeración.

5. Guarda todas las muestras en el refrigerador.

6. Analiza tus extractos, tómales foto y escribe lo que observas.

NOTA
Evita jugar o probar los extractos macerados. No son tóxicos, pero te pueden causar alguna irritación porque están concentrados, además de que contienen alcohol y acetona. No se te olvide marcar los extractos con los nombres de los solventes. Recuerda, ¡evita salpicaduras en tu piel!

Lo que debes saber:

Diferencia entre metabolismo primario y secundario

El metabolismo es el conjunto de reacciones químicas que realizan las células de los seres vivos para sintetizar sustancias complejas a partir de otras más simples, o para degradar las complejas y obtener las simples. Las plantas son organismos autótrofos que además del metabolismo primario (presente en todos los seres vivos) poseen un metabolismo secundario que les permite producir y acumular compuestos de naturaleza química diversa (Ávalos García et al., 2009).

Todos los organismos poseen caminos metabólicos similares con los que sintetizan y utilizan un cierto número de sustancias químicas: azúcares, aminoácidos, ácidos grasos comunes, nucleótidos y los polímeros derivados de ellos (polisacáridos, proteínas, lípidos, ARN, ADN, etc.). Este es el metabolismo primario y sus compuestos, son esenciales para la supervivencia y correcto desarrollo de los organismos (Allué Creus, 2003).

Los metabolitos secundarios son compuestos químicos sintetizados a partir de excedentes del metabolismo primario. Los productos provenientes del metabolismo primario (aminoácidos, carbohidratos, lípidos, ácidos nucleicos) participan directamente en el crecimiento y supervivencia de las plantas, pero los metabolitos secundarios (como fenoles, terpenos, alcaloides) actúan como mediadores (aleloquímicos), interviniendo en las funciones de la planta o de los organismos con los que interacciona; en otras palabras, participan en las respuestas a innu-

merables variables. En consecuencia, la variación de las condiciones ambientales (incidencia de luz, precipitación y nutrientes) y de las interacciones bióticas (herbivoría, ataque por microorganismos, competencia por el espacio en suelo, los nutrientes o la luz) influyen en la síntesis de metabolitos secundarios (Castillo-España et al., 2019).

Conclusiones:

1. El método de extracción de metabolitos que utilizamos es maceración.
2. Los disolventes fueron solventes orgánicos (alcohol y acetona).
3. Cualquiera de los extractos puede ser irritante, por lo tanto, debemos manejarlos con precaución.

Actividad 3. Análisis de metabolitos por cromatografía de capa fina

Tanto los extractos obtenidos de productos naturales como los sintéticos, se pueden analizar por diferentes técnicas y equipos para conocer qué compuestos contienen. Pensamos muchas veces que lo que no podemos ver no existe, sin embargo, en este tema probablemente demostraremos que no siempre es así.

Con los diferentes extractos de epazote obtenidos en la actividad anterior, vamos a realizar una técnica llamada cromatografía en capa fina para ver los compuestos que forman parte del extracto vegetal del epazote y experimentar si es posible que se separen entre sí.

Preguntas de investigación

¿Podemos visualizar los compuestos naturales que tienen las plantas?, ¿se pueden separar compuestos sintéticos?

Objetivos:

Analizar por cromatografía de capa fina los metabolitos del epazote obtenidos de las extracciones por maceración, y explorar la separación cromatográfica de compuestos sintéticos.

Materiales:

- Papel filtro (comercial de preferencia de poro fino, filtro de cafetera).
- Lápiz.
- Regla.
- Tijeras.
- Cinta adhesiva.
- Pinzas (puede ser para cejas).
- 2 vasos de vidrio claro.
- Alcohol (de farmacia).
- Acetona.
- Papel aluminio.
- Palillos de dientes.
- Jeringa de plástico desechable.
- Un frasco pequeño con tapa.

Desarrollo:

1. Mide el papel filtro en un rectángulo de 5 x 7 cm (el largo va a depender de la altura del vaso que uses) como se ve en la **Figura 6A** y recórtalo como se muestra en la **Figura 6B.** Recorta varios filtros para poder practicar.

Figura 6. Papel filtro para la cromatografía. A) medida del rectángulo, y B) recorte del rectángulo.

2. Por la parte más angosta del papel, traza con el lápiz una línea a una distancia de 0.5 cm de la orilla, en ambos extremos. Como se muestra en la **Figura 7A.**

3. La parte termosellada del filtro será la base del rectángulo (**Figura 7B**). Sobre esta línea, marca 3 puntos (**Figura 7C**) separados a 1 cm de distancia, son para la aplicación de la muestra, y en la parte superior escribe el nombre del disolvente que vas a usar (alcohol, acetona o la mezcla de ambos) (**Figura 7D**).

4. Con el palillo aplica cuidadosamente los extractos del epazote en cada punto marcado (ver **Figura 8A**). Otra forma de aplicar el extracto es en línea, es decir, sobre la línea base que elegiste, como dibujando guiones. Dejar secar el extracto en el papel filtro.

5. En el vaso de vidrio coloca 5 ml de alcohol con la ayuda de la jeringa (**Figura 8B**) y tapa el vaso para evitar que se evapore (**Figura 8C**), puede ser con una servitoalla.

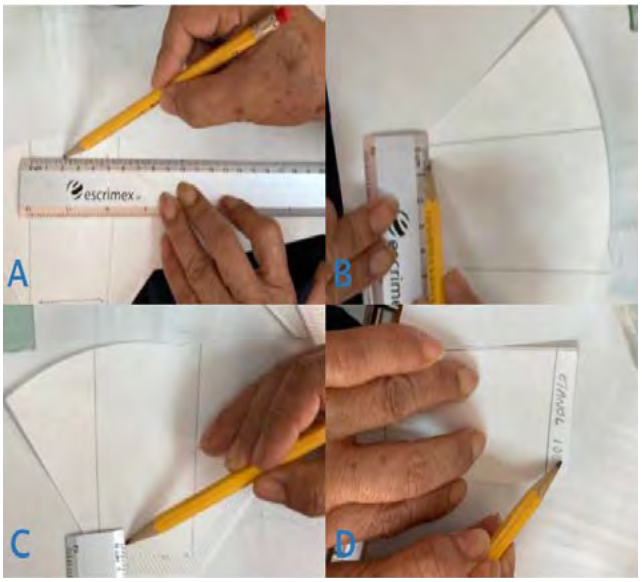


Figura 7. Papel filtro para la cromatografía. A) Marca de los extremos, B) base del rectángulo, C) marca de puntos para aplicación de la muestra, y D) escribir el disolvente para la separación.

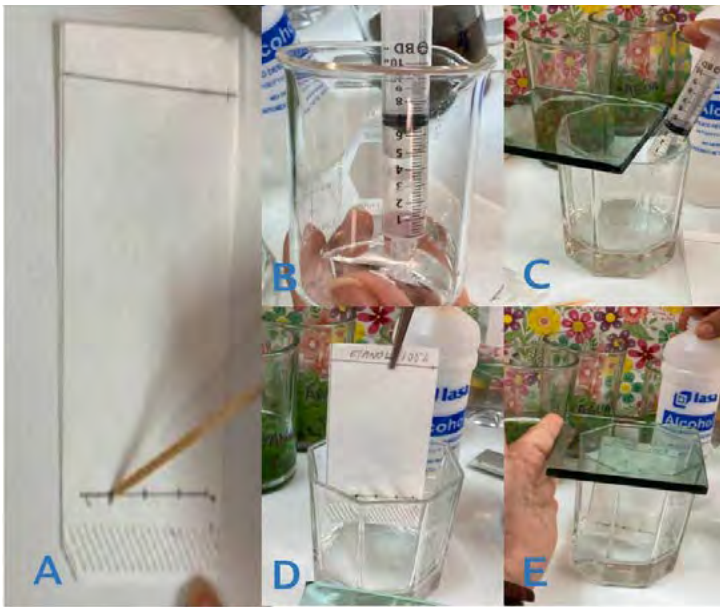


Figura 8. Proceso de cromatografía. A) Aplicación de la muestra con ayuda de un palillo, B) adición del disolvente para separación de muestra, C) tapar para homogenizar el ambiente y evitar la evaporación del disolvente, D) colocar papel filtro para la separación de la muestra, y E) mantener tapado hasta que el disolvente alcance la línea superior marcada.

NOTA
Si es necesario, recorta un poco el termo sellado del papel. Trata de que al agregar el disolvente, este no sobrepase la línea de aplicación del extracto en el papel.

6. Con la pinza coloca el papel filtro dentro del vaso (**Figura 8D**). La línea del extracto es la que tendrá contacto con el alcohol. Si se resbala el papel, pégalo con cinta adhesiva a un lápiz (extremo opuesto de la aplicación de la muestra).

7. Tapa el vaso (**Figura 8E**) con el papel aluminio; cuida que no se mueva.

8. Observa la separación de la muestra por el arrastre del disolvente.

9. Espera a que el alcohol moje la línea superior del papel, destapa, y con las pinzas retiras el papel y dejas secar.

10. Toma una foto de tus resultados y anota tus observaciones: color del extracto, textura, olor (de lejitos), etc.

11. En la **Figura 9** se ejemplifican unas cromatografías realizadas en papel cromatográfico y papel filtro.

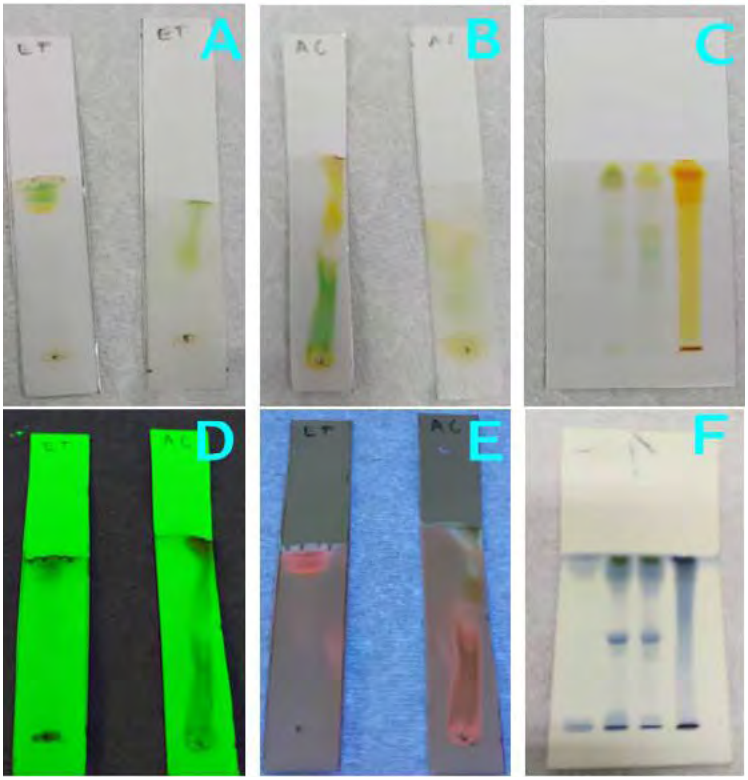


Figura 9. Cromatografía del epazote. A y B) Cromatografías realizadas en papel cromatográfico (lado izquierdo) y papel filtro (lado derecho), C y F) corresponden a una cromatografía realizada en placa cromatográfica aplicada en guiones. A, B y C) todas las cromatografías vistas con la luz blanca (luz visible), D y E) placas de cromatografía de A y B observadas con exposición a diferentes longitudes de onda de la luz ultravioleta, y F) es la placa del panel B revelado con un reactivo para metabolitos y expuesta al calor.

NOTAS

1. Para seguir experimentando, puedes incluir otros disolventes como el agua y la acetona en diferentes proporciones, y ver cómo se comporta el extracto. Por ejemplo:

- 1 ml alcohol + 4 ml agua
- 2 ml alcohol + 3 ml acetona
- 4 ml alcohol + 1 ml acetona
- 5 ml acetona
- 5 ml agua

E incluso puedes probar:

- 1 ml alcohol + 2 ml acetona + 2 ml agua
- 2 ml alcohol + 3 acetona + 1 ml agua

¡Puedes hacer las combinaciones que quieras! ¡Y ver con cuál se separan mejor los compuestos del extracto de epazote!

2. Adicionalmente puedes probar la cromatografía colocando puntos con diferentes colores de plumones o puedes utilizar achiote disuelto en acetona. El color naranja del achiote corresponde a metabolitos secundarios llamados carotenoides y son precursores de la vitamina A.

3. Es importante saber cómo desechar los disolventes con los que trabajas, por lo que cada vez que acabes un experimento con alcohol o acetona, deposítalos en el frasco con tapa. Cuando termines con tus experimentos, coloca el frasco en un lugar aireado para que se evaporen los disolventes y lejos de animales, personas y niños.

Lo que debes saber

Si deseas separar un compuesto que forma parte de una mezcla compleja de sustancias, puedes usar la técnica de cromatografía. Esta se aplicó por primera vez en 1906 por el botánico ruso Mikhael Semenovich Tswett (1872-1919). Él demostró las ventajas, adoptó la terminología y definió los procesos experimentales básicos para esta técnica. Por lo tanto, se le considera como el «padre de la cromatografía» (Corzo, 2019). Esta técnica permite además de separar, aislar e identificar los componentes extraídos dependiendo de su solubilidad, tamaño, diferencia de cargas y grado de pureza, su posterior caracterización a las diferentes biomoléculas mediante manchas o gráficos llamados cromatogramas (Ruíz Benítez, 2020).

Para realizar una cromatografía se necesitan dos fases (fase estacionaria y fase móvil) y un soporte:

- **Fase estacionaria (FE**): es un componente que está contenido en un soporte adecuado y como su nombre lo indica, permanecerá fija en un espacio determinado. Puede ser sólida o líquida. Según el tipo de soporte que se utilice para contener a la fase estacionaria, las cromatografías pueden ser planas o en columna.

- **Fase móvil (FM):** será 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 a la muestra obligándola a atravesar la fase estacionaria. Puede ser líquida o gaseosa, dando lugar a las denominadas **«**Cromatografías Liquidas**»** y **«**Cromatografías Gaseosas**»,** respectivamente (Ruíz Benítez, 2020; Corzo, 2020; Aguilera, 2010).

Además, si conoces ya la sustancia que vas a estudiar y cuentas con un estándar de ella, se puede saber cuánto tienes de esta.

Conclusiones:

1. La técnica de cromatografía en capa fina es uno de los métodos de separación hasta cierto punto económica y donde se utiliza equipo básico.
2. No se necesita de gran cantidad de material o de muestra, ya que se ocupan miligramos.
3. Existen muestras que no se observan a simple vista y a veces se requiere revelar con algún reactivo o excitar la sustancia con alguna lámpara de ultravioleta.

CONCLUSIÓN GENERAL

Es innegable el conocimiento empírico de nuestros ancestros acerca de las plantas medicinales. Nuestra función como investigadores es rescatar todo ese conocimiento y analizar los metabolitos que proporcionan el remedio que requerimos.

Caracterizar todas las sustancias presentes en los diferentes extractos nos podría indicar que, dependiendo del método de extracción, los perfiles de separación cromatográfica pueden cambiar pues su **«**solubilidad**»** en cada medio puede ser diferente.

Además de la cromatografía, existen otros métodos para separar e identificar a los metabolitos de las plantas.

Es importante también hacer un análisis profundo de todos los metabolitos para determinar si poseen más substancias que podrían ser tóxicas para nosotros

El conocimiento de los metabolitos mediante su análisis por diferentes técnicas y no solo por cromatografía, nos permite llegar a las estructuras químicas que poseen.

SOBRE LOS AUTORES

Alfredo Dorantes Euan

«Soy ingeniero agrónomo y desde 1998 trabajo en la Unidad de Recursos Naturales del Centro de Investigación Científica de Yucatán. Desde mi inicio en el CICY he participado en estudios sobre cactáceas endémicas y en peligro de extinción de la península de Yucatán, la propagación de plantas nativas para su uso ornamental y en reforestación, y la creación de jardines de plantas medicinales con médicos tradicionales del estado de Yucatán. En los últimos años me he dedicado al estudio de bromelias, así como al estudio de las aves residentes y migratorias de la península de Yucatán».

Rosa Grijalva Arango

«Mi formación académica es Química Farmacéutica Bióloga, tengo laborando en el CICY 24 años. He trabajado con cultivo de tejidos en banana y coco, así como en la identificación de sus enfermedades. Actualmente trabajo con plantas aromáticas, principalmente endémicas de la península, así como en la extracción de sus aceites esenciales, los cuales se analizan como potenciales fungicidas o bactericidas de plantas o animales. Considero que Talento CICY es importante porque acerca a los estudiantes a la ciencia y tal vez puedan resolver inquietudes o, en un futuro, sean buenos científicos».

Irma Leticia Medina Baizabal

«Estudié la licenciatura en Química Industrial y posteriormente realicé dos estancias de investigación en el Centro de Ciencias Medioambientales (CSIC), en Madrid, trabajando en la «Evaluación y búsqueda de insecticidas alternativos de extractos vegetales y fúngicos de la península de Yucatán». Actualmente trabajo en el Centro de Investigación Científica de Yucatán, en técnicas de laboratorio para la obtención y evaluación de productos naturales, vegetales y fúngicos con aplicaciones en la agricultura y farmacia, así como también con técnicas de bioensayo antimicrobiano, insecticida y nematicida».

Mirbella del Rosario Cáceres Farfán

«Soy Química Bióloga Bromatóloga y tengo un diplomado en Calidad fitosanitaria en la producción agrícola. Inicialmente trabajé como laboratorista de control de calidad en la Galletera DONDÉ. Desde 1999 trabajo en el CICY y he colaborado en diferentes proyectos que involucran la colecta y tratamiento de muestras para extracción, aislamiento y purificación de metabolitos secundarios, así como su evaluación a través de bioensayos para la detección de metabolitos activos. Manejo diferentes ámbitos de la cromatografía como son de gases acoplado a detector masas, líquida de alta resolución, FTIR por Transformada de Fourier, ISOLERA Biotage y capa fina de alta resolución».

Lucila Aurelia Sánchez Cach

«Estudié la carrera de Químico Farmacéutico Biólogo y posteriormente la maestría en Ciencias y Biotecnología de Plantas. Laboro en la Unidad de Bioquímica y Biología Molecular de Plantas del CICY desde 1998. Lo que me permitió aprender mucho debido a mi participación en diversos proyectos que involucran cultivo de tejidos vegetales, transformación genética y fisiología de plantas; y análisis de metabolitos secundarios. Actualmente estoy enfocada a la clonación de genes de defensinas de plantas y la expresión de proteínas recombinantes en bacterias».

GLOSARIO

Abortifaciente: que produce la interrupción del embarazo.

Ancestrales: de los ancestros o relacionado con ellos, de origen muy antiguo.

Bacteria: seres vivos, microscópicos y unicelulares.

Cromatografía: método de análisis que permite la separación de gases o líquidos de una mezcla por adsorción selectiva, produciendo manchas diferentemente coloreadas en el medio adsorbente; está basado en la diferente velocidad con la que se mueve cada fluido a través de una sustancia porosa.

Infusión: en farmacología, acción de sumergir una sustancia orgánica en un líquido caliente, pero sin que llegue a hervir para que se disuelvan sus partes solubles.

Emenagogo: que provoca o favorece la menstruación.

Maceración: proceso de extracción de sólido con un líquido, dejándolo reposar por un tiempo determinado.

Modelo de estudio: un organismo modelo es una especie empleada por los investigadores para estudiar procesos biológicos específicos.

Moléculas: conjunto de átomos que están organizados e interrelacionados mediante enlaces químicos.

Remedio: medio, sustancia, elemento, producto u otra cosa que sirve para curar, mejorar o aliviar una enfermedad o alguno de sus síntomas.

Sustancia: se emplea para referirse a la clase de materia con la que están formados los cuerpos.

Parásitos: organismos que se alimentan de las sustancias que elabora un ser vivo de distinta especie, viviendo en su interior o sobre su superficie, con lo que suele causarle algún daño o enfermedad

Patógenos: que causa o produce enfermedad.

Polifacético: que tiene varias facetas o aspectos, o que tiene la capacidad para realizar varias actividades distintas.

Polinizadores: que poliniza, son animales que se alimentan del néctar de las flores y durante sus visitas transportan accidentalmente polen de una flor a otra, permitiendo que las plantas produzcan frutos.

Taxonomía: ciencia que trata de los principios, métodos y fines de la clasificación, generalmente científica.

REFERENCIAS

Aguilera, C. (2010). Destilación por arrastre de vapor. Obtención del aceite esencial de limón. *Natural Products*.

Allué Crues, J. (2003). Vegetales, bases de la actividad de las plantas sobre producidos por agentes abióticos. *Médica, Mediatriz*, 2(16), 336-341.

Ávalos García, A., y Pérez-Urria Carril, E. (2009). Metabolismo secundario de plantas. *Reduca (Biología). Serie de Fisiología Vegetal*. 2(3), 119-145. http://www.revistareduca.es/index.php/biologia/article/view/798

Botanical online. (2020). *Características del epazote*. Consultado el 23 de junio de 2022: https://www.botanical-online.com/botanica/epazote-caracteristicas

Castillo-España, P., Perea-Arango, I., Arellano-García, J. de J., y Valencia-Díaz, S. (2019). Qué son y para qué sirven los metabolitos de las plantas. *Ciencia y Desarrollo*. https://www.cyd.conacyt.gob.mx/?p=articulo&id=227

Corzo, A. (2019). *Técnicas de Análisis en Química Orgánica. Cromatografía*. Facultad de Ciencias Forestales y Unidad Nacional de Santiago del Estero. https://fcf.unse.edu.ar/archivos/series-didacticas/SD-44-Cromatografia-CORZO.pdf

De Pascual, T. J., Torres, B. C., Pérez, M.A., (1980). Essential oil of *Chenopodium ambrosioides*. *Riv. Ital. Ess*., 62(1),123-125.

Duke, J. A. (1985). *Handbook of Medicinal Herbs*. CRC Press, Inc.

Flora of North America. (s.f.). *Dysphania ambrosioides*. Consultado el 23 de junio de 2022.

http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=1&taxon_id=242414750

Gadano, A. B., Gurni, A. A., y Carballo, M. A. (2006). Argentine folk medicine: genotoxic effects of Chenopodiaceae family. *J. Ethnopharmacol*. https://doi.org/10.1016/j.jep.2005.08.043

Gibson, T. E. (1965). *Veterinary Anthelmintic Medication*. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal.

Guzmán-Maldonado, S. H., Díaz Huacus, R. S., y González Chavira M. M. (2017). *Pantas medicinales, la realidad de una tradición ancestral*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación; e Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. https://www.studocu.com/en-us/document/san-antonio-college/lifespan-growth-and-development/1044-4729-plantas-medicinales-la-realidad-de-una-tradicion-ancestral/13719661

MacDonald, D., Vancrey, K., Harrison, P., Rangachari, P. K., Rosenfeld, J., Warren, C., y Sorger, G. (2004). Ascaridole-less infusions of *Chenopodium ambrosioides* contain a nematocide(s) that is(are) not toxic to mammalian smooth muscle. *J. Ethnoparmacol*, 92(2-3), 215-221. https://doi.org/10.1016/j.jep.2004.02.018

Sagrero-Nieves, L., y Bartley, J. P., (1995). Volatile constituents from the leaves of *Chenopodium ambrosioides* L. *Journal of Essential Oil Research*, 7(2), 221-223. https://doi.org/10.1080/10412905.1995.9698506

Pardo de Santayana, M., Blanco, E., y Morales, R. (2005). Plants known as té in Spain: an ethno-pharmacobotanical review. *J. Ethnopharmacol*, 98(1-2),1-19. https://doi.org/10.1016/j.jep.2004.11.003

Pérez Machín, M., Jiménez Monteagudo, E. E., Boffill Cárdenas, M., González Mosquera, D. M., Méndez Triana, R., Verdecía Machado, B., Días Costa, L. (2008). Toxicidad aguda de un extracto acuoso de *Boldoa purpurascens* Cav. en el modelo de sube y baja en ratas. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 13(2). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962008000200006&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Plants of the World Online. (s.f.). *Dysphania ambrosioides* (L.) Mosyakin & Clemants. Consultado el 23 de junio de 2022. https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:1198060-2

Pruneda, A. (s.f.). ¿Para qué sirve el epazote? *Cocina delirante*. Consultado el 20 de junio de 2022. https://www.cocinadelirante.com/tips/usos-del-epazote-en-la-cocina

Quinlan, M. B., Quinlan, R. J., y Nolan, J. M., (2002). Ethnophysiology and herbal treatments of intestinal worms in Dominica, West Indies. *J. Ethnopharmacol*, 80(1), 75-83. https://doi.org/10.1016/s0378-8741(02)00002-8

Ruiz Benítez, M. L. (2020). *Guía de laboratorio. Cromatografía de Capa Fina*. Universidad Simón Bolívar.

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2018). *Hierba olorosa y sabrosa, es el epazote*. Consultado el 22 de junio de 2022. https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/hierba-olorosa-y-sabrosa-es-el-epazote

Taylor, L. (2005). *The Healing Power of Rainforest Herbs: A Guide to Understanding and Using Herbal Medicinals*. Square One Publishers.

TRAMIL. (s.f.). *Dysphania ambrosioides*. Consultado el 16 de septiembre de 2022. https://www.tramil.net/es/plant/dysphania-ambrosioides

4S

Cultivando en casa plantas útiles para la medicina tradicional

Dra. Blanca Marina Vera-Ku[1]

Ing. Cinthia Mariana Madera González[2]

Mtro. Luis Samuel Flores Mena[2]

L. C. C. Julio César Domínguez Orta[2]

[1]Laboratorio Regional para el Estudio y Conservación de Germoplasma (GermoLab).
[2]Dirección de Planeación y Gestión.

Descripción

Estudiaremos las distintas especies de plantas que pueden ser útiles para tratar o prevenir enfermedades y que, además, podrían cultivarse en casa.

Las y los participantes conocerán algunas de las especies de plantas medicinales, las formas en las que su consumo puede beneficiar al cuerpo humano y construirán un jardín de plantas medicinales en su propia casa.

Objetivo

Que las y los participantes cobren conciencia de la importancia que tiene la conservación del conocimiento tradicional, en este caso, del uso de plantas medicinales para el cuidado de la salud.

Asimismo, entenderán la importancia de comunicar estos conocimientos para que las personas los valoren y se conserven.

Materia afín

- Ciencias I. Biología.

¿Qué vas a aprender?

- Construir un jardín de plantas medicinales en casa.
- Conocer cada una de las fases para realizar el cultivo de plantas en casa.
- Conocer algunas especies de plantas medicinales de la región.
- Conocer acerca de algunas formulaciones tradicionales, validadas científicamente para el cuidado de la salud.
- Crear un material de comunicación que busque promover el conocimiento tradicional en beneficio de las comunidades.

Pregunta inicial

¿Qué tan importante es cultivar una farmacia natural en casa para la conservación del conocimiento tradicional?

PANORAMA GENERAL DEL TEMA

Riqueza biológica

En México existen aproximadamente 30 000 especies de plantas; de ese total, entre 3000 y 5000 son medicinales (Villaseñor, 2016). En Yucatán, por ejemplo, se han registrado más de 600 especies usadas en la medicina tradicional. ¿Cuántas de ellas conoces?

Las personas que vivimos en Yucatán, o en determinado sitio, estamos acostumbrados a ver la riqueza de especies y, a veces, pasamos por alto que algunas se usan como plantas medicinales. ¿Cuántas plantas diferentes puedes encontrar en el monte o cerca de casa?

En otros países esta riqueza no está presente, de hecho, solo se pueden ver bosques enteros ¡con solo unas pocas especies! Si te pido que pienses en un ecosistema canadiense, ¿qué es lo primero que viene a tu mente? ¿Pinos? (**Figura 1**).

Figura 1. Bosque canadiense (Fuente: Ministerio de Recursos Naturales de Canadá).

¿Y si te pido que pienses en un ecosistema mexicano? Aquí la situación se vuelve más interesante, ya que ¡son muchos los tipos de vegetación presentes! Por ejemplo, si nos referimos a un ecosistema yucateco, podemos pensar entre paisajes de selva baja caducifolia (denominado comúnmente como monte), el manglar, la selva mediana subperennifolia o la sabana (**Figura 2**).

La riqueza de estos ecosistemas es muy importante para nuestra supervivencia, pues dependemos del oxígeno, el alimento y del fresco que generan. ¿Te has preguntado por qué tanta gente cruza la mitad del planeta para visitar México? La respuesta es simple: por nuestra riqueza natural.

Figura 2. Algunos ecosistemas de la península de Yucatán (Fuente: CICY, Flora Digital: península de Yucatán).

Riqueza cultural

Otra fuente de riqueza es nuestra cultura, que está íntimamente asociada a la naturaleza.

Las plantas medicinales se han empleado de distintas formas desde hace aproximadamente ¡más de 50 000 años!, y actualmente, la Organización Mundial de la Salud señala que más de 20 000 especies se siguen utilizando para fines medicinales, siendo un recurso importante para todo el mundo.

Hoy en día el deterioro ambiental acelerado por diversos factores, entre ellos, la industrialización, el desarrollo urbano y el cambio de uso de suelo, han afectado gravemente el hábitat de las plantas medicinales y otras especies de animales e insectos que dependen de ellas. Además, nuevos factores como el cambio climático, la modernización y la sustitución de la cultura indígena por ideologías extranjeras, contribuyen a la pérdida lenta, pero definitiva, de nuestro patrimonio biocultural (o sea, biodiversidad y cultura).

NOTA
Una planta sin el conocimiento de su uso no tiene valor, y el conocimiento del uso sin la planta, es inútil.

A pesar de la aparición de medicinas farmacéuticas y hospitales, la gente aún utiliza medicinas hechas con plantas o medicinas herbolarias elaboradas por los médicos tradicionales, quienes resguardan este conocimiento ancestral. Pero ¿cuántos guardianes nos quedan?, ¿qué tan urgente es que ese conocimiento se proteja?

De acuerdo con datos del Instituto para el Desarrollo de la Cultura Maya (Indemaya), nos quedan 608 médicos tradicionales en Yucatán, un número muy pequeño, comparado con una población total de 2 320 898 personas (en 2020). Esta situación se repite en otros estados de México, donde cada vez quedan menos resguardantes del conocimiento tradicional.

PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

En este proyecto descubriremos juntos la importancia de conservar el conocimiento tradicional de nuestros ancestros, asociado a la riqueza biológica y cultural de México. Asimismo, podrás desarrollar algunas habilidades necesarias para conservar este conocimiento y hacer que perdure en el tiempo.

Al finalizar el proyecto, habrás construido tu propio huerto vertical en el que podrás cosechar algunas de las plantas medicinales disponibles en tu región, y elaborado un material de comunicación en donde expondrás la importancia de la preservación de la medicina tradicional.

¿Estás lista o listo para iniciar?

DESARROLLO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

¿Sabías que más del 60% de la población yucateca tiene ancestros indígenas?

Este rasgo se replica en muchas entidades del país, lo que significa que existe una gran riqueza cultural por conservar y un amplio conocimiento de las propiedades de las plantas medicinales. La cantidad de remedios tradicionales para el tratamiento de enfermedades es enorme; sin embargo, es importante reconocer que la medicina farmacéutica también tiene un lugar importante en el tratamiento en casos de emergencias, cirugías, entre otros.

Actividad 1. Experimento social. Medicina tradicional como el primer sistema de Salud

Pregunta de investigación

¿Las personas de nuestra comunidad usan las plantas para curarse?

Objetivo

Conocer algunos remedios naturales usados por las personas de nuestra comunidad e identificar el conocimiento popular o folclórico.

Materiales

- Formato de entrevistas (impresas en papel o digitales).
- Pluma o lápiz (en caso de imprimir las encuestas).

FORMATO DE ENTREVISTA

No. _____ Fecha: _____

Buenas tardes, me llamo _____.

Estoy haciendo un trabajo en colaboración con el Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY), en el marco del programa Talento CICY.

La razón de esta visita es para entrevistarle y conocer un remedio de plantas medicinales usadas para malestares del sistema digestivo.

Instrucciones: Si la persona está de acuerdo con responder la entrevista, prosigue con las siguientes preguntas:

1. ¿Conoce algún remedio elaborado con plantas para tratar o curar enfermedades del sistema digestivo?

   SI _____ NO _____ (Si responde que no, entrevistar a otra persona).

2. ¿Para qué padecimiento se usa el remedio?

   _____

3. ¿Cuáles son los síntomas del padecimiento?

   _____

4. ¿Cómo se prepara? (marca la opción correcta)

____ Decocción (se cocina el material vegetal en agua hirviendo).

____ Tisana o té (se remoja el material vegetal en agua caliente).

____ Emplasto (Se machaca el material vegetal hasta hacer una pasta).

____ Tintura (se remoja el material vegetal en alcohol).

____ Maceración (se remoja el material vegetal en agua y se machaca o mastruja con la mano).

¿Qué componentes plantas, insectos o materiales integran el remedio?

Escribir en la tabla los datos obtenidos.

Especie	Parte usada (hoja, tallo, raíz)	Cantidad	Estado del ingrediente	
			Seco	Fresco

Desarrollo

1. Pregunta a por lo menos tres personas de tu calle o de tu familia, todos los remedios que sepan para curar problemas del sistema digestivo (malestares estomacales). La encuesta no tiene que ser presencial, puedes hacerla por teléfono.

2. Después de aplicar la encuesta, haz una lista de las plantas medicinales que se mencionaron y subraya las plantas que conoces.

NOTA
Si decides hacer la encuesta a tus vecinos de manera presencial, debes ir acompañado de tus padres, tu maestro, o un adulto.

Lo que debes saber:

La medicina tradicional existe en todo el mundo. Es un sistema de salud eficiente, coordinado e independiente a la vez, en el que cada médico tradicional se encarga de ayudar a curar a la gente que le rodea. Los médicos tradicionales han estudiado las plantas desde niños por lo que su conocimiento es muy grande y se estudia por lo menos 20 años para poder curar a las personas. Los médicos tradicionales también tienen especialidades, por ejemplo, en Yucatán existen: parteras, hueseros, *x'menes* (sacerdotes mayas que tratan los males asociados a la cultura popular) y *dzacyahes* o yerberos (usan las yerbas para curar enfermedades).

Conclusión

El conocimiento acerca de las propiedades curativas de las plantas es generalizado. Eso se llama sabiduría popular. Los médicos tradicionales son los principales resguardantes del conocimiento y ciencia de las plantas.

Actividad 2. Seleccionando plantas útiles

Un jardín a la medida

Nuestros pueblos indígenas perciben a las plantas medicinales como una parte importante del medio ambiente, y los criterios para seleccionar una planta como medicinal y otra que no es medicinal han sido investigados por Ankli y colaboradores (1999). De acuerdo con este estudio, los criterios de selección de plantas medicinales son el sabor y el aroma.

La relación entre los datos etnobotánicos (uso medicinal) para las plantas individuales, su actividad biológica y sus compuestos químicos (o metabolitos), demuestran que la comprensión de los conceptos indígenas utilizados para distinguir las especies medicinales de las no medicinales, tienen considerable valor heurístico (el arte o la ciencia del descubrimiento).

Aprovechando este conocimiento, nosotros podemos elegir las especies que más nos interese cultivar en casa.

Es momento de planear la construcción de nuestro jardín de plantas medicinales. Lo primero a considerar es qué plantas usar con base en su baja toxicidad, y los estudios que avalan sus efectos positivos. Se recomiendan las plantas mencionadas en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Algunas plantas medicinales usadas para padecimientos comunes.

Especies recomendadas	Nombre común	Uso medicinal
Allium cepa	cebolla	Neumopatía, resfriado, gripe, algodoncillo (candidiasis bucal).
Allium sativum	ajo	Comezón, candidiasis, dolor de muelas, dolor de oído, fiebre, parásitos intestinales, pesadez gástrica, náuseas, flatulencias, defensas bajas.
Aloe vera	sábila	Asma, catarro, calvicie, cortes y rasguños, ronchas en la piel, quemaduras.
Chenopodium ambrosioides	epazote	Diarrea, dolor de estómago, parásitos intestinales, úlcera cutánea.
Citrus aurantium	naranja agria	Catarro, cólicos, conjuntivitis, diarrea, dolor de cabeza, fiebre, flatulencias, gripe, parásitos intestinales, tos.
Cymbopogon citratus	zacate limón	Diarrea, dolor de estómago, fiebre, flatulencias, gripe, resfriado, tos.
Kalanchoe pinnata	siempreviva	Cáncer de ovario, dolor de cabeza, resfrío, vómitos, tos, diabetes.
Lippia alba	té de china	Cansancio, gripe, resfriado, disentería.
Matricaria chamomilla	manzanilla	Para inflamacion y dolor.
Mentha x piperita	yerbabuena	Diarrea, dolor de estómago, flatulencias, indigestión, gripe, resfriado, vómito.
Mimosa pudica	dormilona	Nervios, dolores menstruales.
Ocimum basilicum	albahaca dulce	Dolor de estómago, dolor de oído, vómitos.
Ocimum campechianum	albahaca de monte	Disentería.
Plectranthus amboinicus	orégano orejon	Dolor de oído.
Psidium Guajava	guayaba	Ataque de nervios, diarrea, mareos, vómito, acné, sarpullido.
Raphanus sativus	rábano	Tos, constipación, traqueitis crónica, hipertensión.
Zingiber officinale	jengibre	Asma, catarro, gripe, resfrío, diarrea, dolor de estómago, fiebre, flatulencias, indigestión, tos, vómitos.

Toma en cuenta que un jardín de plantas medicinales debe tener las especies más adecuadas para tratar los padecimientos más frecuentes de la familia, por lo que, si conoces alguna planta que ya utilices, puedes incluirla en la lista.

Muchas de estas especies, como la manzanilla, la yerbabuena y el zacate limón, las puedes encontrar ya empacadas como té o como manojos en el supermercado. Para conseguirlas vivas es deseable que las busques en viveros, o bien, podrás encontrar las semillas en el supermercado; en ambos casos con un costo bastante accesible.

NOTA
En este punto hay que mencionar que cada persona es diferente y puede presentar alergia a alguna planta, por lo que, al igual que con la medicina alopática o de patente, se deben tener las mismas precauciones.

Pregunta de investigación

¿Existen plantas de consumo en el hogar que ayuden a contrarrestar síntomas de enfermedades? ¿Qué plantas medicinales puedo cultivar en mi casa?

Objetivo

Identificar y elegir las distintas plantas que puedo cultivar en casa con utilidad medicinal.

Materiales

- Libreta.
- Lápiz o pluma.
- Tabla 1.

Desarrollo

Cada familia tiene identificadas las enfermedades más comunes que se dan en casa. En algunas familias, el asma puede ser un problema de todos los días, en otras la gastritis, en otras la diabetes, obesidad, problemas nerviosos o de los riñones. Si bien en la **Tabla 1** se proponen algunas especies de plantas, las y los estudiantes siempre pueden profundizar en la investigación acerca de los usos de las plantas y obtener mayores conocimientos consultando la bibliografía propuesta o, mejor aún, platicando y preguntando a los médicos tradicionales que tengan al alcance.

1. En una libreta anota las plantas que consideras que le son más útiles a tu familia.

2. Busca las plantas que elegiste en el campo, en algún vivero o con algún vecino que pueda regalarte una o sus semillas.

NOTA
Un jardín medicinal te permitirá apoyar a tu familia, pero cultivar las plantas medicinales no es tan fácil como parece, cada especie tiene sus preferencias de sol, riego, agua y tierra. También hay que conocerlas bien, saber para qué se usan, la forma de prepararlas y la dosis, pues como con cualquier medicina, no se debe usar paraprevenir sino para curar.

Lo que debes saber

Las plantas medicinales muchas veces son anuales, por lo que es necesario que cada tres meses las coseches y las pongas a secar; así siempre tendrás disponibes tus medicinas, entretanto que la planta cumple su ciclo y sus semillas empiezan a germinar.

Conclusiones

Las plantas medicinales deben cultivarse de acuerdo con las condiciones climáticas que se requieren en el lugar donde vivas. No te preocupes si alguna planta no crece en tu región. Seguramente podrás encontrar con la ayuda de un médico tradicional, una especie que te pueda servir y que pueda sobrevivir en tu región naturalmente

Actividad 3. Construcción de un compostero y fabricación de composta

Haciendo composta

La composta es una mezcla de ingredientes orgánicos que se utiliza como fertilizante vegetal y mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Se prepara comúnmente mediante la descomposición de plantas, desechos de alimentos, reciclaje de materiales orgánicos y estiércol de herbívoros. La mezcla resultante es rica en nutrientes vegetales y organismos benéficos, como bacterias, protozoos, nematodos y hongos.

La composta es muy importante para el crecimiento de jardines, paisajismo, horticultura, agricultura urbana y orgánica, reduciendo la dependencia de los fertilizantes químicos comerciales, pues actúa como acondicionador del suelo aumentando el contenido de humus o ácido húmico del suelo, introduciendo microbios benéficos para las raíces de las plantas, además de que ayudan a suprimir los patógenos en el suelo eliminando así algunas enfermedades y plagas de las plantas. También la composta ayuda a retener la humedad y reduce la necesidad de fertilizantes químicos.

Pregunta de investigación

¿Puedo obtener un recurso útil para plantar a partir de la reutilización de desechos orgánicos caseros? ¿Cualquier material o desecho orgánico es útil para fabricar composta?

Objetivo

Identificar los componentes orgánicos útiles para reutilizar y producir composta casera de calidad.

Materiales

- Una cesta o cajón de madera o plástico.
- Material para tapar los espacios de la cesta.
- Tijeras o cúter
- Cinta gris para ductos.
- Materia orgánica para colectar: cáscara o deshechos de fruta y/o verdura. Un puño de hojas o césped de jardín fresco, tierra.

Desarrollo

Para iniciar con la técnica del compostaje, necesitamos un contenedor llamado compostero. Puede ser una cesta de plástico o un cajón de madera (**Figura 3**). Debes considerar que tu compostero debe tener los espacios u orificios para la oxigenación de la materia, para ello debes realizar unos agujeritos pequeños en la base y en las paredes del recipiente, con ello, el material podrá recibir el aire y humedad necesarios. Igualmente, hay que dejar una puerta pequeña, que sea capaz de abrirse y cerrarse, en la parte inferior del recipiente, servirá para sacar la composta una vez pasado el proceso.

A continuación, se indicarán las fases del compostaje para que puedas realizar tu propia composta casera y fortalecer la siembra de las plantas medicinales de tu proyecto de investigación.

Las fases para el proceso de compostaje son: 1) **selección de materiales**, 2) **descomposición y degradación**, y 3) **maduración**.

Fase 1. Selección de materiales

Los residuos orgánicos que podemos utilizar para compostar son: restos de verdura y fruta, cáscara de huevo triturado, bolsas de infusiones, deshecho de café, césped, hojas, plantas y cabello, por ejemplo.

NOTA
Evitar desechos de carnes, pescados, comida cocinada, productos lácteos, levaduras, grasas, huesos, heces de animales, pañales, cigarros, producto de limpieza, polvo, bolsas y piedras.

Figura 3. Opciones útiles para funcionar como compostero.

Recomendaciones

De preferencia escoge un sitio para el compostero de aproximadamente un metro cuadrado, que se encuentre en resguardo, cuidando que no esté expuesto mucho al sol, al viento o a la lluvia.

Para continuar con el ciclo de compostaje es necesario:

1. Coloca en la parte inferior del compostero una capa de tierra de 2 cm de altura.
2. Añade uniformemente residuos orgánicos triturados en trozos pequeños para acelerar la descomposición por entrar en contacto con la humedad, aire y bacterias. Coloca en una capa la materia orgánica cubriendo la primera capa de tierra.
3. Añade a la capa de materia orgánica una capa de hojas, pasto seco y tierra.
4. Regar ligeramente con agua para crear humedad.
5. Tapa el compostero y deja reposar.
6. Repetir instrucciones hasta llenar el contenedor.

Fase 2. Descomposición y degradación

Estos ocurren debido al exceso de oxígeno. Demora entre dos a tres meses luego de que la materia orgánica y la humedad se mezclan de forma adecuada.

Fase 3. Maduración

Entre 4 y 6 meses después, la composta ya se encuentra al fondo de nuestro contenedor. Podrás observar que ha cambiado de forma física. A esto se le conoce como humus.

Lo que debes saber

Existen 3 tipos de descomposición de acuerdo con el tipo de materiales, estos son:

1. Rápida (hojas y césped fresco).
2. Lenta (deshechos de fruta, verdura, café, bolsas de té, plantas secas).
3. Muy lenta (hojas de otoño, ramas podadas, aserrín, cáscara de huevo, frutos secos, cabellos, plumas).

NOTA
Observarás gusanos, lombrices, hongos y bacterias; estos cumplen la tarea específica de descomponer y degradar la materia orgánica. Desaparecerán en la fase 3 de maduración de la composta.

Es importante que **NO** añadas pesticidas, desinfectantes y ningún tipo de insecticida o producto químico para eliminar los microorganismos que observes, ya que estos forman parte del ciclo natural del compostaje. Después de aproximadamente dos meses, se verá una tierra homogénea de color negro, y se extraerá de la puerta inferior, la cual colaremos para su uso.

Puedes continuar el ciclo del compostaje rellenando el compostero con las capas correspondientes una vez cosechada la primera composta. También es importante cubrir la parte superior del recipiente, ya que se encuentra con mayor exposición para iniciar las fases del compostaje.

Figura 4. Esta tierra es la composta casera, la cual contiene gran cantidad de nutrientes de buena calidad para las plantas. Puedes observar que se puede extraer desde la puerta inferior del compostero.

Es importante que sepas que la composta lleva un proceso con diversas fases para convertirse en materia de calidad para ser un nutriente para las plantas.

Conclusiones

La materia orgánica generada, composta o sustrato, aporta nutrientes a las plantas, lo que les permite crecer sanas y fuertes. Esta composta cuenta con características observables, como la densidad y su capacidad de retención de agua y aireación. Además de estos rasgos físicos, también hay características químicas que adquiere, como el pH y la conductividad eléctrica, indicadores que permiten conocer la capacidad del suelo para la conducción y absorción de nutrientes.

Actividad 4. Vamos a sembrar nuestras plantas medicinales

Ahora ha llegado el momento de sembrar las plantas que hemos seleccionado para formar nuestro jardín en casa con plantas útiles para la medicina tradicional.

Pregunta de investigación

¿Cómo puedo tener un jardín en un espacio reducido?

Objetivo

Aprender a plantar tus propias especies de plantas medicinales.

Materiales

- Botellas de plástico con su tapa (recicladas).
- Cuerda o cordel.
- Cuchilla, cutter.
- Flexómetro o regla.
- Sustrato para nuestras plantas.
- Punzón, clavos o artefacto puntiagudo.
- Marcadores, hojas de papel.
- Tijeras.
- Pintura.

Desarrollo

Para continuar con la construcción de nuestro jardín de plantas medicinales en casa, es momento de plantar y/o sembrar las especies elegidas. Ve el siguiente video que indica paso a paso el proceso: «*Construye tu huerto vertical*» (https://youtu.be/paupe6TSgfE).

Para el cuidado de las plantas, observaremos que, de acuerdo con el tipo de especie, será el tipo de riego para su crecimiento. Se recomienda que el riego sea moderado, es decir, de 2 a 3 veces por semana, cuidando que la tierra no esté excedida de agua y que tampoco quede seca.

Lo que debes saber

La observación de tus plantas te ayudará a darte cuenta si tiene falta o exceso de agua.

Conclusión

Un suelo nutritivo y bien preparado te evitará muchos problemas cuando necesites cultivar plantas. Estarán menos estresadas y sobrevivirán más tiempo.

Actividad 5. Uso del jardín medicinal: siempre debes tener tus medicinas

Un poco de medicina tradicional

Casi todas las plantas al podarlas, aumentan su follaje y vuelven a crecer. Debes podar tu planta medicinal, lavar el material vegetal (puede tener orina de algún perro o gato, arañas escondidas u hormigas, popó de pájaros, etc.). Aunque los médicos tradicionales prefieren usarlas frescas, también las usan secas cuando la planta escasea.

Pregunta de investigación

¿Cómo puedo conservar mis plantas medicinales?

Objetivo

Establecer una reserva de plantas que nos sirva, aunque la planta sea anual.

Materiales

- Tijeras.
- Charola.
- Espacio a la sombra.
- Ramas de plantas medicinales.
- Frasco.

Desarrollo

Cuando podes tus plantas medicinales, puedes poner a secar el material en una charola o una superficie limpia. El material vegetal cortado se seca a la sombra en un lugar fresco y seco dentro de la casa, ya que si este espacio es muy húmedo, le saldrá moho a la planta y puede ser venenoso, además de que la planta perderá sus propiedades curativas.

Se puede secar en un espacio fuera de la casa, como una terraza sombreada, pero lo debes cuidar del viento y de los animales. Si hay mucho viento, el material saldrá volando y si hay gallinas podrían comérselo y contaminarlo con sus patitas sucias. ¡Recuerda que ese material lo vas a ingerir!

Además, debes cuidar que no le caiga polvo ni bichos, pues el material vegetal seco no se puede lavar antes de prepararlo.

Una vez que las plantas se sequen, ponlas en un frasco o en bolsas de cierre hermetico. En bolsas regulares no, porque se les meten insectos como los gorgojos y las destruyen, dejando sus excretas en el material vegetal). También es muy importante que les pongas una etiqueta para no cometer errores cuando las uses. Lo anterior es necesario porque al secarse, las plantas pierden mucho de su color y las características que ayudan a diferenciarlas; incluso su olor cambia un poco. ¡Imagínate que por error le des a alguien que tiene dolor de cabeza, una planta para tratar la diarrea! ¡O un té con popó de gorgojos!

Las plantas pueden secarse también en forma de manojo (**Figura 5**) y luego se pueden poner en frascos.

Figura 5. Plantas en proceso de secado: a) sobre una superficie, y b) en manojo.

Lo que debes saber

Las plantas medicinales poseen compuestos químicos capaces de causar efectos en el cuerpo (desinflamatorios, inmunomoduladores que aumentan las defensas o que promueven la cicatrización) o en los microorganismos causantes de las enfermedades (antibióticos, antifúngicos contra hongos o los que rompen las piedras del riñón).

Conclusiones

Las plantas medicinales pueden conservarse por mucho tiempo. La limpieza, el orden y etiquetado, además de una buena técnica de secado, te permitirán tener siempre tus medicinas disponibles.

Actividad 6. Un remedo tradicional para la disentería

Remedios que tomamos

El tratamiento en la medicina tradicional es complejo. Primero hay que encontrar el origen de la enfermedad y tratar de eliminarlo. Por ejemplo, si quieres tratar la diabetes, puedes pensar en usar *Cecropia peltata* (guarumbo), pero al mismo tiempo, el paciente deberá cambiar y mejorar sus hábitos alimenticios y de ejercicio, ya que el consumo excesivo de azúcar y una vida sedentaria son las causas de origen de la diabetes. Tristemente, existen pacientes que no están dispuestos a eliminar la causa de origen de sus padecimientos y terminan por decir que las plantas medicinales no funcionan.

Para el caso de las enfermedades gastrointestinales, el problema es un poco más sencillo, ya que la causa de origen es, generalmente, haber consumido alimentos en mal estado o no lavarse las manos adecuadamente antes de ingerir alimentos. Situaciones que no suelen ser frecuentes.

En esta parte estudiaremos cómo preparar una formulación especializada, producto del aprendizaje de doña María de Jesús Jiménez Chalé, una partera tradicional.

Pregunta de investigación

¿Podemos preparar las medicinas en la casa?

Objetivo

Las y los estudiantes aprenderán dos remedios usados contra la diarrea y conceptos importantes para su preparación.

Materiales

Los ingredientes del té para disentería son:

- 1 ramita de yerbabuena.
- 1 ramita de epazote.
- 4 hojas de té de china (se puede sustituir por 2 sobrecitos de té de zacate limón).
- 4 hojas tiernas de naranja agria.
- 4 hojas tiernas de guayaba.
- 4 sobrecitos de té de manzanilla.

Desarrollo

Se trata de una decocción, es decir, un cocimiento de las yerbas por 5 minutos.

1. Primero se enjuagan todos los ingredientes. En caso de que estén muy sucios, puedes preparar jabón líquido y lavarlos rápidamente, cuidando que los ingredientes queden bien enjuagados.

2. Una vez limpio el material vegetal, se ponen todos los ingredientes juntos en una olla.

3. Se agrega un litro de agua y se pone a hervir a fuego lento (esta parte requiere la supervisión de un adulto). En cuanto hierva, esperas de tres a cinco minutos y la retiras del fuego (o apagas el quemador).

4. Se deja reposar la fórmula hasta que se atempere.

5. No se endulza sino hasta que se va a tomar o ingerir, de lo contrario, la decocción puede pudrirse.

Como se conserva

Una vez que se tiene el té al tiempo, se cuela y se pone preferentemente en envases de cristal y se guarda en el refrigerador. El té sin endulzar se puede poner en botellas de plástico y ponerse en el congelador (-20 °C aproximadamente) y se conservará hasta por tres meses.

NOTA
Nunca se congelan las botellas de vidrio porque se rompen.

¿Cómo se toma?

Dosis para personas mayores de 12 años y adultos:

Se sirve una taza de 250 ml y se endulza al gusto. Debe tomar dos tazas al día por tres días.

Dosis para personas de 8 a 12 años:

Se sirve media taza de la decocción y se completa con media taza de agua y se endulza al gusto. Se debe dar al niño o niña por lo menos una taza al día por tres días.

Dosis para niños de 5 a 8 años:

Se sirve media taza de la decocción y se completa con media taza de agua y se endulza al gusto. Se debe dar al o la menor por lo menos una taza al día por tres días y vigilar si la diarrea y el dolor se detienen desde el primer día, de lo contrario debe llevársele al médico, pues si bien las plantas son una ayuda, ¡**NO** sustituyen la atención médica oportuna!

Dosis para niños de 1 a 4 años:

Se sirve media taza de la decocción y se completa con media taza de agua (puede endulzarse o no). En los infantes de esta edad hay que ser muy cuidadosos, como su sistema es pequeño y delicado, son muy susceptibles a la deshidratación, y la diarrea puede ser muy peligrosa. Por eso se les debe dar un vaso grande al día (puede ser endulzado o no, y si se endulza, no debe ser con mucha azúcar), y además, hay que buscar atención médica de inmediato. Igualmente, en este rango de edad es muy importante la atención médica, que no debe ser sustituida por la medicina tradicional.

Lo que debes saber

Si bien se trata de un té de yerbas, es importante aclarar que no es un tratamiento preventivo. Así como no se toma aspirina para prevenir el dolor de cabeza y antibióticos para prevenir infecciones, tampoco se toman yerbas para prevenir diarreas o enfermedades respiratorias.

Conclusiones

La medicina tradicional es una gran ayuda cuando se usa adecuadamente.

Actividad 7. ¿Cómo funciona el sistema digestivo?

Para poder aplicar adecuadamente un remedio, debemos conocer cómo funciona el sistema que queremos tratar.

Estructura o anatomía

1. El sistema digestivo es un tubo que empieza en la boca y termina en el ano. Está recubierto por dentro de células epiteliales (parecidas a la piel) y mucosa (un moco que protege a las células de los ácidos).

2. Este tubo está dividido en secciones por diferentes esfínteres. Un esfínter es como una válvula de cierre para que el contenido de la siguiente sección no pase a la sección anterior.

3. El tubo digestivo se divide en boca, esófago, estómago, duodeno, intestino delgado, intestino grueso y recto.

4. Posee tres accesorios importantes: las glándulas salivales, el hígado y el páncreas.

5. Todas estas secciones y accesorios son una máquina diseñada para moler, macerar, romper y absorber los nutrientes en la comida, y luego eliminar los desechos de tal modo que sean asimilables por el ecosistema en el que habitan los humanos: la tierra (no los océanos).

Funcionamiento o fisiología

El sistema digestivo también se mueve. La mejor manera de pasar las cosas por un tubo es mediante el movimiento peristáltico, que es algo así como apretar una manguera o popote para sacar el contenido; no se aplasta todo sino solo la parte necesaria para sacar el contenido. Este es el tipo de movimiento que opera en todo el sistema digestivo para permitir el avance de la comida. Si alguna vez has tragado una tostada o algo similar sin masticar bien, entonces recordarás la sensación poco agradable de cómo pasa a lo largo del esófago hasta que llega al estómago.

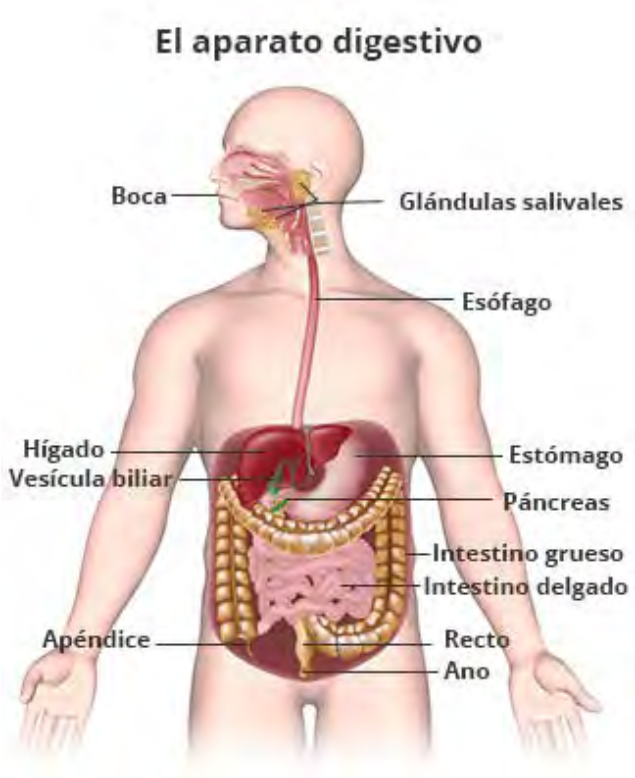


Figura 6. El aparato digestivo (Fuente: https://www.niddk.nih.gov/health-information/informacion-de-la-salud/enfermedades-digestivas/aparato-digestivo-funcionamiento).

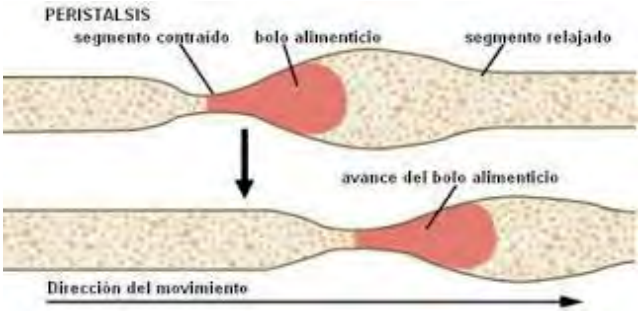


Figura 7. Movimiento peristáltico (Fuente: https://deconceptos.com/ciencias-naturales/peristaltico).

Los alimentos primero se muelen en la boca; una vez que se vuelven pasta o bolo alimenticio, pasan al esófago que los conduce al estómago. Una vez ahí, los alimentos y bacterias dañinas son expuestos a uno de los ácidos más fuertes que existen, el ácido clorhídrico, el cual mata a la mayoría de las bacterias dañinas y hace que el bolo alimenticio se transforme en un líquido denso.

Luego, poco a poco el estómago transporta (bocado a bocado) el contenido del estómago hacia el duodeno, donde la bilis del hígado y los jugos digestivos del páncreas rompen aún más los alimentos hasta convertirlos en un líquido que contiene los elementos químicos básicos para el sustento del cuerpo, como aminoácidos, azúcares, vitaminas, grasas, etc.

Así, poco a poco, los alimentos pasan a lo largo del intestino delgado, donde sucede la absorción de los nutrientes. En este punto es importante remarcar que algunas bacterias pudieron haber pasado todo el proceso de digestión, pues muchas poseen capas protectoras que evitan que el ácido y enzimas digestivas las destruyan. Sin embargo, existe algo en esta parte que se llama flora intestinal y que es crucial para una buena digestión. La flora intestinal tiene importancia nutricional (nos ayuda a digerir los alimentos), protectora (evita el desarrollo de bacterias patógenas) y de defensa (fortalece el sistema inmune).

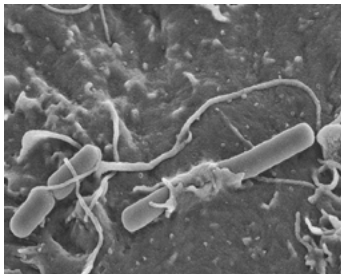
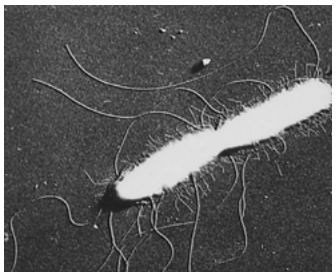
Finalmente, hacia el final del intestino delgado, el bolo alimenticio ahora ya procesado y transformado, pasa hacia el intestino grueso. En esta sección se absorbe el agua, transformando el residuo en excremento. Este se almacena temporalmente en el recto hasta que se llena y llega el momento de ir al baño, a «hacer del 2».

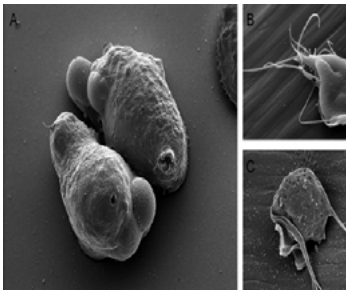
Problemas digestivos

Habiendo conocido el sistema que queremos tratar, hablaremos un poco de las enfermedades gastrointestinales, que son los padecimientos que afectan a este sistema en particular. Los padecimientos gastrointestinales pueden tener causas muy variadas, como la alergia a ciertos alimentos, problemas anatómicos, mala digestión, problemas nerviosos, desbalance en la flora intestinal y el ingreso de microorganismos invasores al organismo.

En este proyecto vamos a centrarnos en uno de los principales problemas del sistema gastrointestinal, que son las diarreas causadas por infecciones por bacterias o protozoarios. Un tipo de diarrea particularmente dañina se llama disentería, una enfermedad intestinal que se caracteriza por los siguientes síntomas: dolor abdominal, diarrea con sangre y moco, gases muy malolientes, tenesmo (es la sensación de que se necesita defecar, aunque los intestinos ya estén vacíos) y pujo.

Tabla 2. Algunos microorganismos causantes de la disentería.

Giardia lamblia Fuente: Gardner and Hill, 2001.	
Shigella disenteriae Fuente: David Goulding, Welcome Trust Sanger Institute.	
Shigella flexneri Fuente: CC BY-SA 4.0.	
Salmonella tiphy Fuente: Enciclopedia Británica, 2022.	

Entamoeba hystolitica Fuente: Gómez-García et al., 2017.	
Escherichia coli Fuente: Starčič-Erjavec, 2019.	
Klebsiella pneumoniae Fuente: https://www.britannica.com/science/Klebsiella#ref114715	

Pregunta de investigación

¿Por qué nos enfermamos del sistema digestivo?

Objetivo

Las y los estudiantes aprenderán el funcionamiento del sistema digestivo y algunas causas de enfermedades intestinales.

Materiales

- Un huevo.
- 10 ml de ácido muriático.
- Medio limón.
- 10 ml de aceite.
- Dos vasos de vidrio.
- Guantes.
- Mascarilla de protección facial.
- Batidora.

NOTA
El experimento deberá ser realizado por una persona adulta. Tu podrás observar las reacciones ocasionadas por la interacción de las sustancias.

Desarrollo

Se rompe el huevo y se separan la clara de la yema.

Se pone una parte de la clara en un vaso (vaso 1) y la otra parte en el otro vaso (vaso 2).

Vaso 1. Funcionamiento del estómago y la importancia de la mucosa gástrica. Para simular el ambiente ácido del estómago se vierten 10 ml de ácido muriático en la clara del vaso 1. Se observará cómo las proteínas del huevo se desnaturalizan volviéndose blancas, similar a cuando el huevo se cuece en una sartén.

Vaso 2. Funcionamiento de los jugos gástricos. Se vierten los 10 ml de aceite en la clara de huevo (el equivalente al bolo alimenticio que contiene alimentos de naturaleza hidrofílica e hidrofóbica). En el vaso se agita con un batidor de huevo y se observa si se mezclan (no se mezclarán fácilmente). Posteriormente se agrega el jugo de medio limón y se bate de nuevo. Se formará una emulsión apta para ser absorbida por el intestino delgado.

Lo que debes saber

El sistema digestivo es una máquina eficiente para la extracción de energía y materiales de construcción para el cuerpo y, cuando esta falla, todo el cuerpo empieza a sufrir la falta de nutrientes y desajustes que, en el caso de los y las menores de 5 años, puede ser mortal.

Conclusión

El manejo adecuado de la medicina tradicional en colaboración con la medicina moderna puede ser de gran utilidad para las familias.

Actividad 8. Dejando huella en una cápsula del tiempo

Pregunta de investigación

¿Qué papel tiene la comunicación en la conservación del conocimiento tradicional?

Objetivo

Que las y los estudiantes entiendan cómo los diferentes canales de comunicación son herramientas útiles para conservar los conocimientos tradicionales.

Materiales

- Computadora.
- Una memoria USB.
- Un par de hojas de papel y plumón permanente.
- Una botella de vidrio (verificar que tu memoria USB pueda caber por la boca de la botella).
- Un corcho para sellar la botella.

Desarrollo

En tu computadora abrirás un documento donde vas a enumerar cinco puntos, destacando los aspectos más importantes de lo que has estudiado en este proyecto. Por ejemplo: 1) ¿Qué es la medicina tradicional y de dónde viene? 2) ¿Cuáles son algunas de las plantas medicinales que existen? 3) ¿Cómo cultivar tus plantas medicinales? 4) ¿Cómo se construye un huerto vertical para las plantas medicinales? 5) Comparte alguna receta de medicina tradicional.

Posteriormenete, desarrollarás los cinco puntos de forma clara y sencilla a través de un medio de comunicación, puede ser el que más te guste: un cartel, una presentación de PowerPoint, un video, un Tiktok, un podcast, etc. Para asegurar que el mensaje sea concreto, se recomienda que la duración del contenido no exceda los 5 minutos (para el caso de cartel y PowerPoint, considera que deberás complementar tu contenido con una exposición oral).

Lo que debes saber

Las herramientas de comunicación pueden llegar a tener un gran alcance (impacto) en la sociedad, por lo que debes ser muy responsable acerca de lo que vas a comunicar. Siempre deberás verificar tus fuentes y ser muy asertivo en tus mensajes.

Conclusiones

Como ya has estudiado, la medicina tradicional que hoy conocemos proviene de miles de años de experiencia y conocimiento de nuestros ancestros y te preguntarás: **¿cómo después de tantos años es que aún sobrevive?**

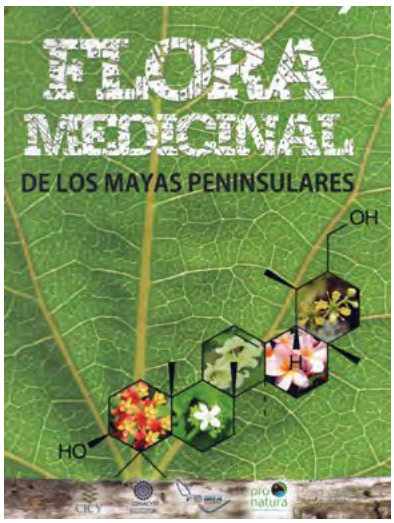
Dos grandes razones por las que se ha preservado el conocimiento tradicional tienen que ver con: la importancia que ha tenido la naturaleza y los recursos que provee a las civilizaciones humanas, quienes se han desarrollado en torno a ello, es decir, desde la antigüedad los seres humanos, se alimentaban, vestían y curaban con los elementos que les proveían los recursos del medio ambiente. Y la comunicación, ya sea oral, escrita e incluso pictórica, es el elemento que ha permitido que los conocimientos se transmitan de generación en generación.

Para saber más

Para aprender más acerca de las plantas y su uso medicinal, debes acercarte a un yerbero o yerbera y aprender todo lo que puedas de su sabiduría.

Si quieres ver cuánta evidencia hay para el uso adecuado de las plantas medicinales, puedes investigar en los libros. Te aseguro que nunca terminarás de aprender cosas nuevas.

Disponible en la biblioteca del CICY.



Disponible en la biblioteca del CICY.

Disponible en: https://pendulo.com/libro/botiquin-de-hierbas-medicinales_372974

Disponible en: http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/

CONCLUSIÓN GENERAL

La medicina tradicional es un aspecto etnobiológico de nuestra realidad que se ha preservado por muchos años y es un conocimiento muy valioso que parte del cúmulo de saberes y experiencias de nuestros ancestros, quienes aprendieron a convivir y aprovechar las bondades de las plantas que les rodeaban para tratar o curar sus problemas de salud.

El reto y la tarea de la generación actual es valorar y conservar este conocimiento para evitar que se pierda entre tanta información que existe; por otro lado, la tarea de las y los científicos será seguir estudiando estos conocimientos heredados para validar o verificar las propiedades farmacológicas de miles de recetas y medicinas tradicionales que existen.

SOBRE LOS AUTORES

La **Dra. Blanca Marina Vera Ku** es doctora en Ciencias y cuenta con un posdoctorado en Farmacología. Es experta en el estudio de la medicina tradicional maya, específicamente en el uso de las plantas. Trabaja con la caracterización fitoquímica y la producción de fitomedicamentos. «Yo a tu edad quería ser veterinaria para curar a mis perritos y gatitos».

El **Lic. Julio César Domínguez Orta** es comunicólogo y divulgador de la ciencia. Cuenta con experiencia en la comunicación social, de la ciencia y en comunicación de riesgos epidemiológicos. Actualmente es académico en el Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY), un Centro de investigación del Conacyt. «Yo a tu edad quería ser médico y estudiar enfermedades raras para ayudar a las personas».

El **Mtro. Luis Samuel Flores Mena** es ingeniero mecánico, con una maestría en Ingeniería en el área de Mecatrónica. Actualmente es Técnico Académico del CICY, dedicado al diseño y construcción de instrumentos y herramientas para los laboratorios. «Yo a tu edad quería ser arquitecto y hacer diseños de casas y edificios».

La **Ing. Cinthia Mariana Madera González** es ingeniera en Gestión Empresarial, pasante de Nutrición. Actualmente coordina eventos en colaboración con académicos en el Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY), un Centro de investigación del Conacyt. «Yo a tu edad quería ser maestra y enseñar todo lo que aprendía».

GLOSARIO

Humus: conjunto de los compuestos orgánicos presentes en la capa superficial del suelo, procedente de la descomposición de animales y vegetales.

Fertilizantes: sustancias ricas en nutrientes que se utilizan para mejorar las características del suelo para un mayor desarrollo de los cultivos agrícolas.

Sustrato: todo material que puede proporcionar anclaje, oxígeno y agua suficiente para el óptimo desarrollo de estas, o en su caso, nutrimentos y requerimientos que pueden cubrirse con un solo material o en combinación con otro, los cuales deberán ser colocados en un contenedor.

Etnobiología: reconoce y estudia explícitamente las percepciones, simbolizaciones, saberes y prácticas; en general, todas las interrelaciones ancestrales y actuales de los pueblos originarios, indígenas, campesinos, pescadores, pastores y artesanos, con respecto a los animales, plantas y hongos en un contexto cultural, espacial y temporal.

REFERENCIAS

Ankli, A., Heinrich, M., Bork, P., Wolfram, L., Bauerfeind, P., Brun, R., Schmid, C., Weiss, C., Bruggiser, R., Gertsch, J., Wasescha, M., y Sticher, O. (2002). Yucatec Mayan medicinal plants: evaluation based on indigenous uses. *Journal of Ethnopharmacology*, 79(1), 43–52. https://doi.org/10.1016/s0378-8741(01)00355-5

Ankli, A., Sticher, O., y Heinrich, M. (1999). Yucatec Maya Medicinal Plants Versus Nonmedicinal Plants: Indigenous Characterization and Selection. Human Ecology, 27(4), 557-580. https://doi.org/10.1023/A:1018791927215

Centro de Investigación Científica de Yucatán. (s.f.). *Flora digital de la península de Yucatán*. Consultado en septiembre de 2022: https://www.cicy.mx/sitios/flora%20digital/vegetacion.html

Chi, F. (2021). *Manual de propagación de plantas para viveros*. Jardín Botánico Regional «Roger Orellana» del Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. (CICY).

Encyclopædia Britannica. (s.f.). *Klebsiella pneumoniae* (imagen). Consultado el 24 de mayo de 2022. https://www.britannica.com/science/Klebsiella

Encyclopædia Britannica. (s.f.). *Salmonella* (imagen). Consultado el 24 de mayo de 2022. https://www.britannica.com/science/Salmonella-enterica-serovar-Typhi

Gardner, T. B., y Hill, D. R. (2001). Treatment of Giardiasis. *Clinical Microbiology Reviews*, 14(1), 114-128. https://doi.org/10.1128/CMR.14.1.114-128.2001

Gobierno del Estado de México. (s.f.). *Contaminación del Medio Ambiente*. Consultado en septiembre de 2022. https://edomex.gob.mx/medio_ambiente_2021

Gómez-García, C., Marchat, L. A., López-Cánovas, L., Pérez-Ishiwara, D. G., Rodríguez, M. A., y Orozco, E. (2017). Drug Resistance Mechanisms in *Entamoeba histolytica*, *Giar-*

dia lamblia, *Trichomonas vaginalis*, and Opportunistic Anaerobic Protozoa. *Antimicrobial Drug Resistance*, 613-628. https://doi.org/10.1007/978-3-319-46718-4_40

Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (España). (s.f.). *Manual de compostaje*. Consultado en septiembre de 2022. https://www.miteco.gob.es/images/es/Manual%20de%20compostaje%202011%20PAGINAS%201-24_tcm30-185556.pdf

Ministerio de Recursos Naturales de Canadá. (2021). *Un informe muestra el estado de los bosques en Canadá en 2020*. Madera sostenible. https://madera-sostenible.com/wp-content/uploads/2018/02/mountains-canada-scenery-forests-banff-alberta-nature-wallpaper-436952.jpg

Starčič-Erjavec, M. (2019). Introductory chapter: The Versatile *Escherichia coli*. *The Universe of Escherichia coli*. https://doi.org/10.5772/intechopen.88882

Villaseñor, J. L. (2016). Checklist of native vascular plants of México. Revista Mexicana de Biodivesidad, 87(3), 559–902. http://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.06.017

Descubriendo mi Talento 2022

CONACYT
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

CICY

Talento CICY

ISBN: 978-607-7823-52-0