



ERGON

revista ciencia y docencia

06

NUEVA ÉPOCA



● Identificación de factores acelerantes de la descomposición de materia orgánica que agilizan la producción de biogás

● ¿Se podrá encender un LED con papas?

● Mito o realidad: las bebidas sin azúcar no producen cambios en los niveles de glucosa en la sangre de una persona

● Efecto de la longitud de onda luminosa sobre el crecimiento de la alfalfa (*Medicago sativa*)

EXPERIMENTA





ERGON

revista ciencia y docencia

06

NUEVA ÉPOCA



EXPERIMENTA



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Dr. Leonardo Lomeli Vanegas
RECTOR

Dra. Patricia Dolores Dávila Aranda
SECRETARIA GENERAL

Mtro. Hugo Alejandro Concha Cantú
ABOGADO GENERAL

Mtro. Tomás Humberto Rubio Pérez
SECRETARIO ADMINISTRATIVO

Dra. Diana Tamara Martínez Ruiz
SECRETARIA DE DESARROLLO INSTITUCIONAL

Mtro. Fernando Macedo Chagolla
SECRETARIO DE SERVICIO Y ATENCIÓN
A LA COMUNIDAD UNIVERSITARIA

Lic. Raúl Arcenio Aguilar Tamayo
SECRETARIO DE PREVENCIÓN, Y APOYO
A LA MOVILIDAD Y SEGURIDAD UNIVERSITARIA

Lic. Mauricio López Velázquez
DIRECTOR GENERAL DE COMUNICACIÓN SOCIAL



ESCUELA NACIONAL COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES

Dr. Benjamín Barajas Sánchez
DIRECTOR GENERAL

Lic. Mayra Monsalvo Carmona
SECRETARIA GENERAL

Lic. Rocío Carrillo Camargo
SECRETARIA ADMINISTRATIVA

Lic. María Elena Juárez Sánchez
SECRETARIA ACADÉMICA

QBP. Taurino Marroquín Cristóbal
SECRETARIO DE SERVICIOS DE APOYO AL APRENDIZAJE

Mtra. Dulce María E. Santillán Reyes
SECRETARIA DE PLANEACIÓN

Mtro. José Alfredo Núñez Toledo
SECRETARIO ESTUDIANTIL

Mtra. Araceli Mejía Olguín
SECRETARIA DE PROGRAMAS INSTITUCIONALES

Mtro. Héctor Baca Espinoza
SECRETARIO DE COMUNICACIÓN INSTITUCIONAL

Ing. Armando Rodríguez Arguijo
SECRETARIO DE INFORMÁTICA

ERGON. REVISTA CIENCIA Y DOCENCIA

DIRECTORIO

COMITÉ EDITORIAL:

DIRECTOR | Dr. Benjamín Barajas Sánchez

COORDINACIÓN | QBP. Taurino Marroquín Cristóbal

COLABORADORES | Maritza López Recillas,
Gilberto Lira Vázquez, María Patricia Chalico Marcial,
Azucena Barba Martínez, Beatriz Mónica Pérez Ibarra,
Norma Carolina Sánchez Aranda, Ismael Rivera
Jiménez, Erick Márquez López, Raúl Motte Nava,
Manuel Becerril González, Óscar Eduardo Rivas
Sánchez, Alicia del Carmen Polaco Rosas

EDITOR | Héctor Baca Espinoza

EDITOR ADJUNTO | Marcos Daniel Aguilar Ojeda

DISEÑO | Alejandro Flores

REVISIÓN EDITORIAL | Mario Alberto Medrano González

CORRECCIÓN | Otoniel Pavón Velázquez

Imágenes de portada e interiores: © freepik

Ergon. Nueva época, año 4, Número 06, Invierno-Primavera de 2025, es una publicación semestral editada por la Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, CP 04510, Alcaldía Coyoacán, Ciudad de México, a través del Colegio de Ciencias y Humanidades, lateral de Insurgentes Sur, esq. Circuito Escolar, 2do. piso, Ciudad Universitaria, C.P. 04510, Alcaldía Coyoacán, Ciudad de México, teléfono 5622-0025. Correo electrónico: revista.ergon.nuevaepoca@cch.unam.mx

Editor responsable: Héctor Baca Espinoza. Certificado de Reserva de Derechos al Uso Exclusivo del Título de la red de cómputo: en trámite, otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor (INDAUTOR). ISSN: en trámite, otorgado por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. URL: <https://gaceta.cch.unam.mx/es/editorial/revistas/la-pandemia-y-las-ciencias-experimentales>
La responsabilidad de los textos publicados en *Ergon*, recae exclusivamente en sus autores y su contenido no necesariamente refleja el criterio de la Institución.

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, INCLUYENDO CUALQUIER MEDIO ELECTRÓNICO O MAGNÉTICO, PARA FINES COMERCIALES.

SUMARIO

Experimenta



17

APOYOS DIDÁCTICOS

ESTRATEGIA DIDÁCTICA

IDENTIFICACIÓN DE FACTORES ACELERANTES DE LA DESCOMPOSICIÓN DE MATERIA ORGÁNICA QUE AGILIZAN LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS

Ángel Ávila Villagrán
María Rosa Loa Zavala
Viridiana Esquivel Monroy

25

PRODUCCIÓN DE ETANOL A PARTIR DE DIFERENTES SUSTRATOS

Dulce Parrales Vargas
Martha Yduma Hernández Baños

33

¿SE PODRÁ ENCENDER UN LED CON PAPAS?

Pedro Josué Lara Granados
María Eugenia Medina Barrera
Marte Adolfo Pérez Gómez Botello

40

CUANTIFICACIÓN DE PRODUCCIÓN DE OXÍGENO FOTOSINTÉTICO EN MUESTRAS DE *FIGUS* Y *ELODEA*

Miguel Alejandro Maldonado Gordillo
Gabriela Estefanía Téllez Luna
Rosa Atzimba Morales Monroy



46

EFFECTOS DE LA TEMPERATURA EN LA FRECUENCIA CARDIACA DE LA PULGA DE AGUA *DAPHNIA MAGNA*

Ibrahim G. Castro Torres
Nora A. Rodríguez Ávila

51

ENERGÍA FOTOVOLTAICA COMO FUENTE LUMÍNICA SOSTENIBLE

Rocío Angélica Hernández Rodríguez
Miguel López Paleta
Francisco Páez Pérez

60

MITO O REALIDAD: LAS BEBIDAS SIN AZÚCAR NO PRODUCEN CAMBIOS EN LOS NIVELES DE GLUCOSA EN LA SANGRE DE UNA PERSONA

Eduardo Méndez
Daniela Figueroa
Karla Ortiz

SUMARIO

Ergon. Revista ciencia y docencia. Número 06, Nueva Época,
Invierno-Primavera del 2025.



65

CONSECUENCIAS DEL TIEMPO DE EXPOSICIÓN A LA RADIACIÓN ULTRAVIOLETA EN LA DECOLORACIÓN DE LAS HOJAS DE PLANTAS VERDES

Adriana Jaramillo Alcántar
Amando Ramírez Fuentes

71

COMPARACIÓN DEL PROCESO METABÓLICO DE LA LEVADURA *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* CON AZÚCAR ORGÁNICA DE COCO Y CON JARABE DE MAÍZ CON ALTO CONTENIDO DE FRUCTOSA A PARTIR DE LA PRODUCCIÓN DE CO₂

Gabino Javier Ángeles Calderón
Claudia Molina Reyes
Regina Rodríguez López

78

EFECTO DE LA LONGITUD DE ONDA LUMINOSA SOBRE EL CRECIMIENTO DE LA ALFALFA (*MEDICAGO SATIVA*)

Jimena Xanat Alvarado González
Fátima Paola Castro Canarios
Francisco Javier Islas Jiménez

88

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN VERDURAS DE HOJA VERDE: UN BIOINDICADOR DE LA CALIDAD Y EL MÉTODO DE CULTIVO

Josefina Leal Quiroz
Leonardo Román Vargas Pineda
Taurino Marroquín Cristóbal



PRESENTACIÓN

En su sexto número, la revista *Ergon. Ciencia y Docencia* se centra en el proyecto interinstitucional *Experimenta*, que cuenta con el apoyo de la Coordinación de la Investigación Científica e involucra a profesores y profesoras del Colegio de Ciencias y Humanidades y de la Escuela Nacional Preparatoria. El objetivo de *Experimenta*, como se verá en las siguientes páginas de *Ergon*, es desarrollar en los estudiantes el pensamiento científico para aplicarlo en la vida diaria. El proyecto abarca las materias de matemáticas, química, física, biología y tecnología, mostrando cómo aplicar estos conocimientos a situaciones cotidianas de nuestro estudiantado.

Por ello, 27 autores y autoras en 10 artículos presentan investigaciones realizadas durante el curso-taller que ofreció el mismo proyecto *Experimenta*. Como ejemplo podemos citar el artículo “Identificación de factores acelerantes de la descomposición de materia orgánica que agilizan la producción de biogás”, propuesto por Ángel Ávila Villagrán, María Rosa Loa Zavala y Viridiana Esquivel Monroy. Este trabajo se enfoca en ciertos factores que aceleran el proceso de descomposición de la materia orgánica para aumentar la producción de biogás, un recurso energético renovable.

Asimismo, se presenta el texto “Producción de etanol a partir de diferentes sustratos” por Dulce Parrales Vargas y Martha Yduma Hernández Baños. En este trabajo, se mide la eficacia de los sustratos de azúcar refinada,

mascabado, glucosa y Stevia en la producción de etanol mediante fermentación con *Saccharomyces cerevisiae*. En la misma línea de exploración científica, el número incluye el artículo “¿Se podrá encender un LED con papas?” por Pedro Josué Lara Granados, María Eugenia Medina Barrera y Marte Adolfo Pérez Gómez Botello, el objetivo de este trabajo es comprobar si las papas pueden ser una fuente de energía eléctrica suficiente para encender un LED.

Adicionalmente, la revista presenta “Energía biofotovoltaica como fuente lumínica sostenible” por Roxan Hernández Rodríguez, Miguel López Paleta y Francisco Páez Pérez. Este proyecto explora la posibilidad de encender un foco usando energía eléctrica generada por plantas.

De esta manera, la revista *Ergon* da cuenta del quehacer interdisciplinario e interinstitucional que los docentes del bachillerato universitario realizaron dentro de *Experimenta*. La Dirección General del Colegio felicita a las y los docentes por su trabajo colaborativo, el cual favorece la investigación, la docencia y el aprendizaje de nuestro alumnado. ¡Enhorabuena!

Dr. Benjamín Barajas Sánchez

Director General

del Colegio de Ciencias y Humanidades



INTRODUCCIÓN

**EXPERIMENTA,
EL PENSAMIENTO CIENTÍFICO
COMO HERRAMIENTA
PARA LA VIDA COTIDIANA**

**FRANCISCO
FERNÁNDEZ DE MIGUEL**
INSTITUTO DE FISIOLÓGIA
CELULAR-NEUROCIENCIAS,
UNAM

Los biólogos experimentales aprendemos muy pronto que por mucho que planeemos nuestros proyectos, los resultados de nuestros primeros experimentos nos redirigen por caminos insospechados. En mi caso la regla se cumplió. Cuando fui repatriado al Instituto de Fisiología Celular de la UNAM, tenía claro que quería organizar un proyecto de enseñanza experimental de las ciencias enfocado en poblaciones de adolescentes y jóvenes. Esa inspiración tuvo dos orígenes. Uno fue mi experiencia primero como estudiante y después como instructor durante una década en cursos de verano en los Laboratorios de Biología Marina de Woods Hole, en la costa este de los Estados Unidos.

En esos cursos intensivos, los estudiantes pasan semanas realizando prácticas experimentales en laboratorios magníficamente equipados, bajo la guía de científicos en activo. La acumulación de experimentación exitosa crea en los estudiantes experiencias de vida indelebles.

El segundo antecedente provino de los Laboratorios Belmonte en la Universidad Hebrea de Jerusalén, creados por el profesor Itzhak Parnas, amigo, destacado científico y magnífico ser humano. En Belmonte, los estudiantes del bachillerato reproducen experimentos clásicos en Física, Química y Biología para comprender principios fundamentales de las ciencias en sesiones de 4 horas.

Ya instalado en el Instituto organicé y participé en cursos y talleres para los estudiantes del posgrado, pero los intentos para estudiantes del bachillerato encontraron oídos sordos. Sin embargo, en el 2002 recibí una llamada telefónica de Itzhak Parnas para comentarme que el presidente de la Sociedad de Amigos Mexicanos de la Universidad Hebrea de Jerusalén (AMUHJ) se interesaba en generar y conseguir recursos para financiar una versión mexicana de los Laboratorios Belmonte de Jerusalén.

El contacto con los miembros de la AMUHJ se veía muy promisorio y dio la energía de activación para organizar un proyecto de altas miras. Desde luego, la propuesta inicial fue comenzar con uno enfocado en el bachillerato de la UNAM. Sin embargo, la empresa era mayúscula, dado que la UNAM tenía entonces 110,000 estudiantes de bachillerato entre la escuela Nacional Preparatoria y el Colegio de Ciencias y Humanidades. Cada sistema tiene una filosofía y un plan de estudios propios, y los estudiantes se reparten en 14 planteles en la zona metropolitana.



El primer paso fue entrevistarme con los directores de los sistemas de bachillerato de la UNAM. Desde el inicio tuvimos la aceptación y el valiosísimo apoyo del director general del CCH en aquel entonces, el doctor José de Jesús Bazán Levy, y del director del plantel Sur del CCH, el maestro Rito Terán Olguín. A la propuesta de iniciar con laboratorios de biología, física y química, se sumó la de añadir las matemáticas debido a que ambos lo consideraban un apoyo esencial para los estudiantes y profesores dado el nivel tan bajo con que llegaban los estudiantes. La Escuela Nacional Preparatoria consideró que no tenía condiciones para participar debido a la saturación de sus planes de estudio, estudiantes y profesores.

El segundo paso fue integrar un grupo *ad hoc* de académicos dispuestos a dedicar mucho de su tiempo a implementar un proyecto con altos estándares de calidad, trabajando armónicamente. De un grupo inicialmente amplio de académicos invitados, cuatro acudieron a la segunda cita y se hicieron imprescindibles: la doctora Patricia Ramos, del Departamento de Biología, y la doctora Catalina Stern, del Departamento de Física, ambas de la Facultad de Ciencias. La maestra Glinda Irazoque, de la Facultad de Química, y el Dr. Arturo Olvera, del Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas. Teníamos expertos en cada una de las áreas de interés, entonces, la pregunta era ¿qué debemos enseñar a los estudiantes del bachillerato en México? Era necesario definir claramente una finalidad. El doctor Andoni Gárritz, destacado docente en la enseñanza de la química, nos enriqueció con información básica acerca de qué y cómo enseñar de ciencia a los jóvenes.



En las reuniones que realizamos nos planteamos diferentes perspectivas. Sin embargo, la idea de que los alumnos propusieran y llevaran a cabo sus propios proyectos era ambiciosa y seductora, casi utópica. La posibilidad de que los alumnos absorbieran el pensamiento científico como herramienta cotidiana nos unió a trabajar en un proyecto para el cual carecíamos de experiencia. De los acuerdos que logramos en las reuniones, destaca que tuvimos una sesión de cuatro horas diarias durante cuatro días seguidos. El orden de los laboratorios no importaría. Por ejemplo, un grupo de alumnos iría un día a experimentar en biología, otro día a química, otro más a matemáticas y el cuarto a física, mientras que otro grupo tendría un orden diferente, de modo que cuatro grupos podrían estar en los laboratorios a la vez. Además, tendríamos un turno matutino y otro vespertino para masificar el proyecto.

En cada laboratorio la sesión iniciaría con la demostración de un fenómeno por parte de los profesores. Eso les inspiraría para proponer una idea para un proyecto que desarrollarían en el resto de la sesión para buscar un resultado al final del día.

La sucesión de disciplinas nos ofreció una posibilidad adicional. Utilizando la misma estrategia y tema podríamos tener una experiencia acumulativa en la que en cada laboratorio el aspecto fundamental fuera el desarrollo del pensamiento científico. Cada uno de los miembros de Experimenta propusimos a un titular para los laboratorios. Los cuatro titulares iniciales, estudiantes de tesis de licenciatura y posgrado, pronto se hicieron esenciales. Necesitábamos ahora cuatro laboratorios para instalarnos.

Inicié entonces una serie de reuniones con directores de facultades e institutos que podrían colaborar para el desarrollo del proyecto. El doctor Ramón Peralta y Fabi, quien acababa de ingresar como director a la Facultad de Ciencias, nos dio cuatro laboratorios en el recién construido edificio Tlahuizcalpan. Su generosidad fue más que eso. Dos de los laboratorios estaban destinados a ser las nuevas oficinas de la dirección. Los espacios eran magníficos, iluminados, amplios y con un enorme patio que nos permitiría realizar actividades exteriores. El doctor Santiago Capella, director de la Facultad de Química, también nos apoyó con la compra de equipo para el laboratorio de química, el cual se completó con el apoyo del doctor Adolfo García Sáinz, director del Instituto de Fisiología

FOTO 1. Profesores del plantel Sur en el laboratorio de física durante el curso introductorio de agosto del 2004.



Celular. Requeríamos sensores y software para los laboratorios de física y biología. Con este avance, la AMUHJ otorgó un donativo para comprar materiales faltantes. El maestro en Ingeniería Juan Manuel Gómez aceptó la invitación para desarrollar el equipo faltante y el software, junto a dos estudiantes de la Facultad de Ingeniería durante los siguientes dos meses.

Además, el doctor Peralta nos donó computadoras para física y matemáticas, y microscopios para biología. En paralelo, abrí un programa de servicio social para incorporar a estudiantes de las diversas licenciaturas relacionadas con el proyecto para entrenarse como instructores o desarrollar herramientas. Pronto tuvimos un flujo continuo de estudiantes brillantes y trabajadores, algunos de los cuales laboraron con nosotros varios años, incluso durante sus posgrados. ¡Estábamos listos para poner a prueba las ideas!

Entonces, adoptamos una estrategia que hemos mantenido hasta la fecha. Cualquier propuesta debe ser probada y validada por nosotros mismos antes de usarla con los asistentes a los laboratorios. Elegimos como tema inicial las ondas, en particular la luz, por el extenso conocimiento de ellas y su interés en cada disciplina. Todos los profesores participamos en sesiones de cada disciplina, al final comentamos el estrés que habíamos experimentado al volver a ser estudiantes en sesiones que exigían creatividad, concentración y disciplina, usando equipos caseros que desconocíamos al momento de



empezar. Sin duda, vivir las sesiones desde adentro nos sensibilizó para el desarrollo posterior de cada etapa del proyecto.

Llegó el momento para la prueba de fuego. En el verano del 2024 organizamos un curso intersemestral para profesores del Área de Experimentales del plantel Sur, quienes pasaron por el laboratorio de matemáticas, seguido por los de física, química y biología. Los comentarios de los profesores nos retroalimentaron y nos confirmaron que estábamos listos para llevarlo a los estudiantes. También nos mostraron su entusiasmo por la idea novedosa de tener una escuela de pensamiento científico para ellos y sus estudiantes. Habíamos pasado la prueba... Sin embargo, la promesa de AMUHJ de financiar el proyecto nunca se cumplió y de repente, con todo lo que habíamos logrado, nos encontramos sin presupuesto para los materiales de uso diario, el desarrollo del nuevo equipo y las becas para los instructores en los laboratorios.

Lo que pasó entonces se parece a uno de esos casos descritos en las series de Netflix, en los que cuando todo parece perdido, aparece una solución inesperada. En esos días el rector Juan Ramón de la Fuente creó la Secretaría de Desarrollo Universitario en la UNAM, cuya finalidad era el desarrollo de nuevos proyectos educativos de vanguardia. La secretaría quedó a cargo de la doctora Rosaura Ruiz, bióloga de la Facultad de Ciencias. A partir de una plática con los doctores Peralta y Capella y el maestro Rito Terán, quien acababa de ocupar la Dirección General del CCH, nos entrevistamos con Rosaura, quien desde el primer momento aceptó el proyecto en su secretaría y nos dio el presupuesto necesario para operarlo el primer año, luego lo extendió hasta el 2009. Con los asistentes a esa misma reunión constituimos el Consejo Académico Asesor del Proyecto Experimenta, se bautizó al Proyecto Experimenta y se me asignó la responsabilidad de dirigirlo.

A la lista de asesores se añadieron el doctor Jaime Martuscelli, coordinador de asesores del rector y el doctor García Sainz. El consejo revisaría los avances del proyecto a partir de los reportes del director y contribuiría a gestionar los recursos necesarios para su funcionamiento cotidiano. Estábamos de vuelta.

Como director general del CCH, Rito Terán siguió siendo un gran soporte del proyecto y forjamos una buena amistad, como ocurrió con otros miembros del Consejo Asesor. Unos meses después, el doctor Eduardo Bárzana sustituyó a Santiago Capella en la dirección de la Facultad de Química, pero adoptó a Experimenta con la misma actitud profesional, creativa y crítica que Santiago Capella. A partir del 2025 coordinamos la asistencia de estudiantes del plantel Sur los laboratorios de física, biología y química en dos turnos, con un instructor y dos auxiliares en cada laboratorio. El matutino de 9 a 13 horas; el vespertino de 15 a 19 horas.

Entre septiembre y diciembre del 2024 habíamos recibido a 499 alumnos, quienes expresaban que a pesar de no saber bien de qué se trataba el proyecto y muchas veces de no querer ir, lo habían encontrado útil por haberles mostrado que podían hacer ciencia y dijeron que les gustaría regresar. Además, tuvimos financiamiento adicional de Ixtli y del PAPIIT para el desarrollo de nuevas herramientas didácticas, incluida una revista electrónica para publicar los experimentos novedosos realizados en los laboratorios.

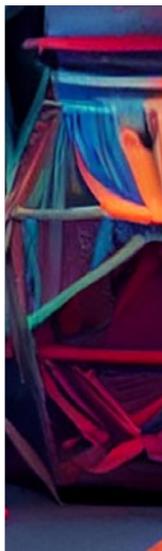


FOTO 2. Taller Experimenta para profesores del CCH y la ENP, en agosto del 2024.



Vendrían cuatro años de crecimiento y nuevas perspectivas para el proyecto. El laboratorio de matemáticas se abrió en el 2006, siendo el cuarto laboratorio en la serie. Además, Juan Manuel Gómez propuso un laboratorio de tecnología que complementaba magníficamente la progresión del pensamiento, hasta la aplicación de la ciencia en la tecnología. Junto con Susana Yañez y Giovanni Fonseca, Juan Manuel Gómez desarrolló un laboratorio excelente, en el que los viernes los asistentes concluían la semana preparando dispositivos solares y mecánicos.

Los hornos solares permitieron crear a un recetario de cocina para los hornos solares con las energías y eficiencias de los dispositivos desarrollados por los equipos de estudiantes. Tuvimos cursos de verano no solo para profesores del Bachillerato UNAM sino también de la SEP a nivel nacional y nos extendimos hacia entrenar a profesores de las preparatorias de la Ciudad de México. Ese año, en el programa *Las Buenas noticias También son Noticias*, del presidente en turno Vicente Fox, se anunció el proyecto Experimenta como un logro del sexenio, a pesar de que nunca recibimos ningún apoyo en su gestión.

Sin duda, la incorporación del plantel Vallejo le dio al proyecto un impulso importante al llevarlo a una zona distante de la ciudad, dirigido a una población estudiantil con dificultades sociales y económicas, pero con un grupo de profesores entusiastas y comprometidos, quienes en el primer año recibieron a 900 estudiantes. También acogimos a escuelas del Sistema Incorporado de la UNAM y organizamos en conjunto el Congreso de Ciencias y Tecnología en las instalaciones del Instituto de Fisiología Celular.

El cambio de rector en la UNAM generó un parateo para el proyecto Experimenta, con un recorte sustancial en los recursos que llevó a una reducción importante en nuestras capacidades de operación. A pesar de ello, en el 2009 alcanzamos los 10,000 asistentes. Al siguiente año, el presupuesto nos fue retirado por el entonces Secretario General, y empezamos a recibir financiamiento de la Coordinación de la Investigación Científica. Además, los cursos se enfocaron en las escuelas del bachillerato incorporado. Sin embargo, la incapacidad de mantener los laboratorios en los planteles del CCH trajo consigo un encogimiento significativo. Con la dirección de la doctora Marcia Hiriart, el Instituto de Fisiología Celular albergó al proyecto y creó un laboratorio para ello. En los siguientes años logramos llegar a 22,000 asistentes y alcanzamos reconocimiento internacional. Versiones de Experimenta se impartieron en los laboratorios Belmonte y en la Universidad de Davis, en los Estados Unidos. Sin embargo, en el 2017, ante la falta de recursos y el tedio de la administración, se suspendieron las actividades de la primera etapa.



La reciente llegada del doctor Leonardo Lomelí Vanegas a la Rectoría de la UNAM y su plan de desarrollo, reactivaron el interés por Experimenta en el CCH, dirigido por el doctor Benjamín Barajas, y también en la Escuela Nacional preparatoria, dirigida por la maestra María Dolores Valle. La doctora Soledad Funes, como directora del Instituto de Fisiología Celular y más recientemente como Coordinadora de la Investigación Científica, energizó de nuevo al proyecto. Justo dos décadas después de nuestro curso inicial para profesores del plantel Sur, junto con varios instructores históricos y algunos nuevos, impartimos dos cursos de dos semanas cada uno para profesores del CCH y la ENP. Esperemos que estos nuevos esfuerzos consoliden el proyecto y que Experimenta se cristalice en beneficio de los jóvenes mexicanos, independientemente de su vocación, oficio o actividad profesional.



IDENTIFICACIÓN DE FACTORES ACELERANTES DE LA DESCOMPOSICIÓN DE MATERIA ORGÁNICA QUE AGILIZAN LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS

PROPUESTA DE ACTIVIDAD EXPERIMENTAL
PARA EL BACHILLERATO DE LA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ÁNGEL ÁVILA VILLAGRÁN
(AZCAPOTZALCO)
MARÍA ROSA LOA ZAVALA
(ORIENTE)
VIRIDIANA ESQUIVEL
MONROY
(ENP 9)

EXPERIMENTA

RESUMEN

En el proyecto se investigó cuáles procesos aplicados a la materia orgánica son más eficientes en la producción de biogás.

Para ello se elaboró un simulador de biodigestor a partir de material de laboratorio para determinar cuál de los procesos empleados resultó ser más eficaz en la obtención de biogás. El experimento se desarrolló en dos fases, durante las cuales alteramos las condiciones de cada muestra para medir las variaciones. Estas consistieron en un incremento de temperatura, introducción de levadura *Saccharomyces cerevisiae* y condiciones anaeróbicas. Cada fase implicó medir masa de sustrato con una balanza y volumen de gas con un manómetro de laboratorio para corroborar la generación de biogás.

Nuestros resultados corroboran que la presencia de levadura *Saccharomyces cerevisiae* y *actinobacterias* incrementan la producción de biogás. Además, se requiere de condiciones específicas para sostener la descomposición.

INTRODUCCIÓN

La situación actual de la calidad del aire y el daño en la capa de ozono hacen urgente poner en marcha proyectos ecológicos y autosostenibles, como es el caso de los biodigestores, para mejorar la calidad de vida de humanos y no-humanos. La realización del experimento que se presenta en este artículo puede aproximar al alumnado del bachillerato de la UNAM a identificar la relación entre procesos biológicos y aprovechamiento de recursos.

Los biodigestores son herramientas empleadas para producir biol y biogás, éste último es un combustible limpio que se utiliza para generar energía térmica o eléctrica. El biogás es un combustible que se obtiene del proceso de digestión anaerobia, controlada en un biodigestor, aprovechando los residuos orgánicos.

Los biodigestores funcionan como tratamiento sanitario de desechos sólidos y líquidos con alta carga de materia orgánica. En las zonas rurales los campesinos utilizan las heces fecales del ganado para alimentar los biodigestores. Partiendo de esta experiencia, se pensó que los biodigestores podrían representar una alternativa funcional para atender el creciente problema de la Ciudad de México con respecto a las heces fecales de animales de compañía.

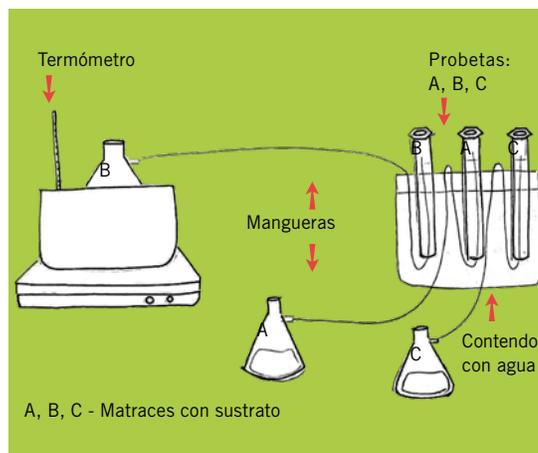
El presente artículo expondrá un análisis sobre la investigación desarrollada para identificar los elementos que constituyen el proceso de descomposición de la materia orgánica para la generación de biogás. El objetivo es identificar los factores acelerantes en el proceso de descomposición, que coadyuven en la obtención de biogás, dando como resultado el incremento de volumen en menos tiempo.

MÉTODO

Se construyó con material de laboratorio un biodigestor casero, para imitar el proceso natural de descomposición de la materia orgánica (sustrato) producido por hongos y bacterias, teniendo como objetivo la obtención de biogás.

El proyecto se efectuó durante 36 horas, utilizando dos tipos de tratamiento al sustrato y realizando variaciones en el proceso.

FIGURA 1. Esquema del diseño para la implementación de un biodigestor en laboratorio dentro de un curso de capacitación en un laboratorio de experimentación en el Instituto de Fisiología Celular de la UNAM, 2024.



Día 1: Se utilizaron dos matraces kitasato con capacidad de 250 ml cada uno, así como materia orgánica previamente triturada proveniente de frutas y verduras exclusivamente. Se mantuvo un pH ácido durante todo el proceso.

La acción inicial fue medir en una balanza el peso del matraz vacío, así como el peso del matraz con el sustrato para calcular la masa y posteriormente la disminución por diferencia de peso.

ENTORNO 1

Matraz 1 (condición A): se agregaron 100 g de sustrato a temperatura ambiente, más 10% de levadura *Saccharomyces cerevisiae* para obtener biogás.

Matraz 2 (condición B): se agregaron 100 g de sustrato y se aumentó la temperatura por medio del proceso de baño maría, manteniendo ésta en 35 °C constantes para la generación de biogás por medio de bacterias.

Ambos matraces fueron sellados de inmediato con parafilm, una vez agregado el sustrato para contener en su interior el gas producido.

La medición del gas generado se realiza: 1) obteniendo la masa en gramos por diferencia de peso entre el matraz al inicio, al medio y al final, y 2) midiendo el desplazamiento del agua por el biogás generado en el manómetro; el manómetro se construyó utilizando mangueras conectadas a los matraces y éstas introducidas a probetas invertidas dentro de contenedores, ambas llenas con agua, con el propósito de que la generación de gas desplace el agua y así sea medible, dejando trabajar el mecanismo 24 horas.



Día 2: Se inició realizando la medición del biogás producido en ambos matraces. Para la comprobación de resultados se repitió el proceso realizando variaciones: se modificaron los componentes de materia orgánica que se utilizó como sustrato, la cantidad de muestras, la temperatura, la cantidad de levadura y el tiempo de medición en la obtención de biogás, manteniendo un pH ácido en todo el proceso.

ENTORNO 2

Matraz 1 (condición A): se agregaron 100 g de sustrato, más la incorporación de 6% de levadura para generar biogás por medio de hongos. La muestra fue agitada por 10 segundos para acelerar el proceso de trabajo de las levaduras.

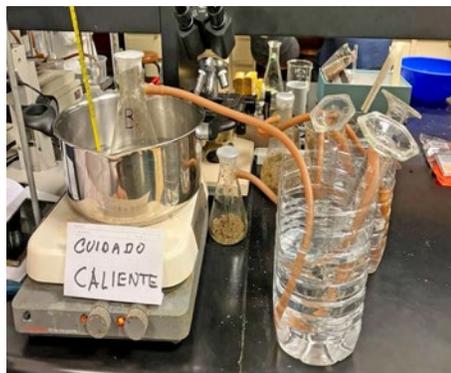
Matraz 2 (condición B): se agregaron 100 g de sustrato colocándolo en baño maría para aumentar la temperatura a 40 °C constantes.

Matraz 3 (condición C): se agregaron 100 g de sustrato, al cual no se le realizó alguna alteración y se mantuvo a temperatura ambiente.

Una vez agregado el sustrato, se sellaron las bocas de los matraces con parafilm y fueron conectados al manómetro para medir y registrar la generación de biogás en tiempo real.

Día 3: Se realizó la medición final del biogás obtenido en las tres muestras:

FIGURA 2. Implementación de un biodigestor en laboratorio dentro de un curso de capacitación en laboratorio de experimentación en el Instituto de Fisiología Celular de la UNAM, 2024.



RESULTADOS

Los resultados indican que los sustratos de verduras y frutas son una materia prima viable para la producción de biogás en el laboratorio, y que la variación de factores en la obtención de biogás en el biodigestor modificó la velocidad de producción de éste. La producción de biogás observada se encuentra dentro del rango esperado: 400 a 700 litros de biogás por cada kilogramo de sustancia para este tipo de materia orgánica. La temperatura y el pH dentro del biodigestor se mantuvo dentro de los rangos óptimos: temperatura ambiente y 35 °C, con pH 5 para la actividad microbiana anaeróbica.

A continuación, se muestran las tablas de resultados de producción de biogás y disminución de masa inicial.

ENTORNO 1

- Condición A: Sustrato 1, *Escherichia cerevisiae*, temperatura ambiente: 23 °C.
- Condición B: Sustrato 1, temperatura, 35 °C.
- Sustrato 1 (trozo): plátano, café, pera, lechuga, piña, mango, espinaca, brócoli, jitomate, jengibre.

Medición de la disminución de materia en gramos (g)

TIEMPO (HORAS)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
CONDICIÓN A	100		90		80													60				
CONDICIÓN B	100		90		70													30				

Medición del aumento de volumen por producción de biogás (ml)

TIEMPO (HORAS)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
CONDICIÓN A	0																	38				
CONDICIÓN B	0																	12				

ENTORNO 2

- Condición A: Sustrato 2, *Escherichia cerevisiae*, temperatura ambiente, 23 °C.
- Condición B: Sustrato 2, temperatura, 40 °C.
- Condición C: Sustrato 2, temperatura ambiente: 23 °C

- Sustrato 2 (molido): tomate, chile, cebolla, guayaba, jengibre, plátano, manzana, café, piña.

Medición de la disminución de materia en gramos (g)

TIEMPO (HORAS)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
CONDICIÓN A	110																					80
CONDICIÓN B	60																					30
CONDICIÓN C	40																					10

Medición del aumento de volumen por producción de biogás (ml)

TIEMPO (HORAS)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
CONDICIÓN A	0	100	200	300																		1000
CONDICIÓN B	0	0	0	0																		0
CONDICIÓN C	0	0	0	0																		75

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos en este estudio muestran que el sustrato y la presencia de levadura *Saccharomyces cerevisiae* y *actinobacterias* tienen efectos aditivos que promueven e incrementan la producción de biogás. También sugieren que la producción de biogás a partir de sustratos de frutas y verduras en un biodigestor en laboratorio es factible. Aunque se observaron diferencias significativas en la producción de biogás entre las diferentes condiciones experimentales, es importante destacar las limitaciones del diseño experimental. La elección de solo dos puntos de medición impide realizar un análisis cinético detallado del proceso y limita la capacidad de modelar la producción de biogás a lo largo del tiempo.

Estudios previos han demostrado que la producción de biogás sigue típicamente una curva sigmoideal, con una fase de inicio, una de crecimiento exponencial y una de desaceleración. Sin embargo, en este trabajo no fue posible capturar esta dinámica debido al diseño experimental.

Futuras investigaciones podrían abordar estas limitaciones mediante un diseño experimental más detallado, incluyendo un mayor número de puntos de muestreo y la implementación de modelos matemáticos más sofisticados para describir la cinética del proceso. Además, sería interesante explorar el efecto de otros parámetros, como la relación carbono/nitrógeno proveniente de heces fecales de animales de compañía,

la presencia de inhibidores y la inoculación de organismos microbianos específicos en la producción de biogás a partir de sustratos de frutas y verduras.

Este estudio proporciona una primera aproximación al potencial de los sustratos de frutas y verduras para la producción de biogás en condiciones de laboratorio. Sin embargo, se requieren estudios adicionales para comprender mejor los mecanismos subyacentes a este proceso y optimizar las condiciones de operación de los biodigestores.

CONCLUSIONES

Este estudio muestra que el sustrato y la presencia de levadura *Saccharomyces cerevisiae* y *actinobacterias* tienen efectos aditivos que promueven e incrementan la producción de biogás. Además, se requieren de condiciones específicas para sostener la descomposición, y puede reproducirse en un aula laboratorio del bachillerato de la UNAM.



REFERENCIAS

- Branca, L. N., Ruiz Díaz, A., Ramírez, M. y Martínez, J. (2016). Evaluación de coliformes fecales en efluentes de una explotación porcina sometidas a tratamiento mediante biodigestor tubular con régimen de carga estacionaria. *Compendio de ciencias veterinarias*, 6 (2), 7-12.
- CABAL, (2014). *Guía de buenas prácticas en Proyectos de Biodigestores*. CABAL, S. A.
- Congreso de la Ciudad de México. (26 de octubre de 2023). Congreso solicita a alcaldías concientizar sobre heces de mascotas. <https://www.congresocdmx.gob.mx/comsoc-congreso-solicita-alcaldias-concientizar-sobre-heces-mascotas-4855-1.html>
- Machado, W., Marquetti, F., Molina, F., Gusils, C. y Quiaia, E. (2016). Caracterización de lodos con inoculantes para un reactor anaeróbico para el tratamiento de vinaza. *Revista industrial y agrícola de Tucumán*, 93 (2), 13-17.
- Martí, J. (s/f). *Biodigestores de bajo costo para producir biogás y fertilizante natural de residuos orgánicos, Ideas América Latina. Innovación para el Desarrollo y la Cooperación del Sur*. UNDP-Unesco-Unifem-OMS-OIT-UNOPS.
- Martínez, M. M. y Ortega Blu, R. (30 de noviembre de 2021). Microorganismos degradadores de materia orgánica y sus efectos sobre la calidad del suelo. *MUNDOAGRO*. <https://mundoagro.cl/microorganismos-degradadores-de-materia-organica-y-sus-efectos-sobre-la-calidad-del-suelo/>
- Sosa Cabrera, E. (marzo-agosto, 2022). Alternativas bioenergéticas de los residuos sólidos urbanos: panorama en México. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, 31, 59-76.

PRODUCCIÓN DE ETANOL A PARTIR DE DIFERENTES SUSTRATOS

DULCE PARRALES VARGAS
(NAUCALPAN)
MARTHA YDUMA
HERNÁNDEZ BAÑOS
(ENP 5)

RESUMEN

En este trabajo medimos la eficacia de los sustratos azúcar refinada, mascabado, glucosa y Stevia en la producción de etanol mediante la fermentación, utilizando *Saccharomyces cerevisiae*. El etanol, como biocombustible, ofrece una alternativa sostenible a los combustibles fósiles. La selección del sustrato adecuado es crucial para optimizar la producción de etanol y reducir costos. Durante las fermentaciones alcohólicas se mantuvo la temperatura a 37 °C; se ajustó el pH a 4.5 con ácido cítrico para concentraciones de levadura y sustrato de 2 g y 0.5 g / 20 ml respectivamente. Se cuantificaron volúmenes de CO₂ liberados y producción de alcohol mediante destilador mini QuickFit. El azúcar refinada, como el mascabado y la glucosa, logran desplazar 50 ml de CO₂ entre los 5 y 6 minutos, mientras que la Stevia y el testigo alcanzan 32 y 27 ml en 60 minutos. Para el proceso de destilación se tomó una alícuota de 3 mililitros del filtrado de cada fermento. El sustrato de azúcar refinada produjo 0.03 ml de alcohol, siendo éste el más efectivo, mientras que el sustrato de Stevia tuvo la menor producción con 0.012 ml. Estos resultados sugieren que la sacarosa (presente en el azúcar refinada y mascabado) es altamente fermentable para *Saccharomyces cerevisiae*, siendo lo contrario para los glucósidos de esteviol de la Stevia.



INTRODUCCIÓN

El etanol se produce a partir de la fermentación alcohólica de azúcares presentes en materiales orgánicos; por su ciclo de vida, estos materiales son considerados renovables, por lo que el etanol puede ser utilizado como un combustible amigable con el medio ambiente. La elaboración de bioetanol puede darse, fundamentalmente, a partir de tres tipos de plantas: almidonosas, celulolíticas y azucaradas. El proceso más sencillo es a través de las azucaradas (caña de azúcar, maíz, sorgo, remolacha, melazas) o los tubérculos (yuca, camote, papa, malanga, etcétera). (Alonso Gómez, 2018). Las plantas transforman la energía radiante del sol en energía química a través de la fotosíntesis, parte de esta energía queda almacenada en forma de materia orgánica, mediante este ejercicio se recupera parte de esa energía.

Para el experimento se utilizó azúcar refinada, azúcar mascabado, glucosa de grado reactivo y Stevia, adicionalmente el control con las *Saccharomyces cerevisiae* comerciales y agua (sin azúcares añadidos). Las tecnologías de fermentación se han desarrollado con el fin de mejorar la producción de etanol. El experimento puede inspirar al alumnado a explorar otras formas de obtener biocombustibles por medio de nuevos métodos y técnicas aplicadas a materiales orgánicos renovables.

MATERIALES Y MÉTODOS

Evaluación de la producción de CO₂. Se realizaron fermentaciones alcohólicas en condiciones anaerobias, utilizando matraces kitasato de 125 ml con tapón conectados a una manguera que burbujeaba en una probeta de 50 ml invertida y sumergida en una cuba con agua para generar un sello hidráulico y evitar la entrada de oxígeno (**Fig. 1**). En cada uno de los matraces se colocaron los diferentes sustratos: azúcar refinada, azúcar mascabado, glucosa en grado reactivo y Stevia en concentración de 0.5 g / 20 ml de agua, a la cual se le ajustó el pH de 4.5 a 5 con ácido cítrico, midiéndolo mediante tiras reactivas para pH en medio ácido; se colocaron en baño térmico a 37 °C y, pasados 10 minutos, se agregaron 0.5 g de *Saccharomyces cerevisiae* comercial a cada sustrato; inmediatamente se taparon y agitaron durante medio minuto para dispersar la *S. cerevisiae* (**Fig. 2**). Una vez iniciada la fermentación, se registró, cada 30 segundos, el volumen de gas CO₂ capturado en la probeta.

FIGURA 1.
Dispositivo para medición de CO₂.



FIGURA 2.
Durante la fermentación.



FIGURA 3.
Destilación.



La segunda parte del experimento consistió en evaluar la cantidad de alcohol producido por cada uno de los sustratos. Para ello se filtró el producto de la fermentación y se realizó una destilación mediante un mini QuickFit, a una temperatura de 75 °C, para garantizar la obtención del etanol durante 3600 segundos (**Fig. 3**). El volumen de alcohol obtenido se midió con micropipeta de 0.001 ml.

RESULTADOS

Evaluación de la producción de CO₂. La producción de 50 ml de CO₂ se obtuvo entre 270 y 300 segundos para los sustratos de azúcar refinada y mascabado. Para la glucosa en grado reactivo se obtuvo a los 360 segundos, y para la Stevia al segundo 1770, se obtuvieron 32 ml de CO₂, manteniéndose constante hasta los 3600 segundos que duró la prueba; mientras que el control, donde únicamente se utilizó las *Saccharomyces cerevisiae* comercial y agua, a este mismo tiempo produjo 27 ml de CO₂ (Fig. 4).

Evaluación de la producción de etanol. Después de 3600 segundos de fermentación se determinó la producción de alcohol en una alícuota de 3 ml de producto filtrado, obteniendo para el sustrato de azúcar refinada 0.030 ml de alcohol, para el azúcar mascabado 0.028 ml, para la glucosa en grado reactivo 0.025 ml, para la Stevia se obtuvieron 0.012 ml y para el control 0.010 ml de alcohol.

DISCUSIÓN

La tendencia general de los datos. Durante la fermentación (Fig. 4), observamos una fase inicial donde existe un aumento gradual en la producción de CO₂ para todos los sustratos, lo cual indica el inicio de la actividad metabólica de las *Saccharomyces cerevisiae*. Argote (2015) argumenta que la levadura inicia la fermentación cuando existe una atmósfera oxido-reductora, eso se logra con la disminución de oxígeno y en ese momento es cuando se dispara la concentración de dióxido de carbono. Posteriormente, se aprecia una fase de crecimiento exponencial en la producción de CO₂ para los sustratos de azúcar refinada, mascabado y glucosa en grado reactivo. Esto sugiere una alta tasa de fermentación y la utilización de los azúcares presentes en los sustratos. Finalmente, en el caso específico de la Stevia, la producción de CO₂ se estabilizó, lo cual puede deberse al agotamiento de los azúcares fermentables en el sustrato; sin embargo, se sugiere realizar estudios sobre el consumo del sustrato evaluando el contenido de azúcares reductores o la evaluación del crecimiento celular.

En la figura 6 de la fermentación para todos los sustratos, únicamente durante los primeros 300 segundos, se muestra claramente que el azúcar refinada, mascabado y la glucosa en grado reactivo presentan una tasa similar y una producción de CO₂ comparable. Lo cual sugiere que estos sustratos contienen cantidades similares de azúcares fácilmente fermentables por las *Saccharomyces cerevisiae*. Por su parte, la Stevia presenta una fermentación más baja y una producción final de CO₂ significativamente menor, indicando que no todos los azúcares presentes en su composición son fermentables por las *Saccharomyces cerevisiae*. En el caso del control

(sin azúcares), observamos una producción de CO₂ más baja que la producida por la Stevia, indicando que los conservadores marcados en el empaque comercial corresponden a un azúcar fermentable.

Los modelos cinéticos de la fermentación para cada sustrato fueron descritos con alta precisión mediante ecuaciones polinómicas de segundo grado. Los coeficientes de de-

terminación (R^2) obtenidos son cercanos a la unidad en todos los casos ($R^2 > 0.95$), confirmando la capacidad de estos modelos para predecir la evolución de la fermentación por *Saccharomyces cerevisiae* y la cinética de consumo de azúcares; sin embargo, al ser un ajuste polinómico representa una dificultad para extrapolar fuera del rango de los datos experimentales.

FIGURA 4. Producción de CO₂ por tipo de sustrato prueba a 3600 segundos.

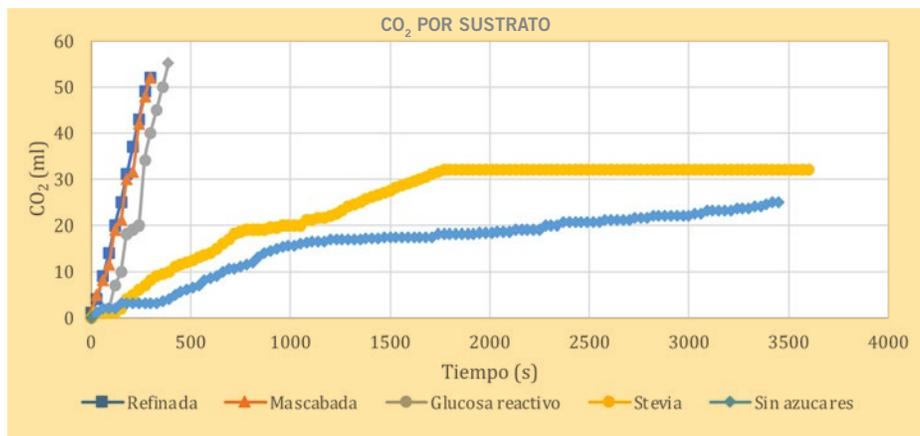


FIGURA 5. Producción de alcohol por tipo de sustrato prueba a 3600 segundos.

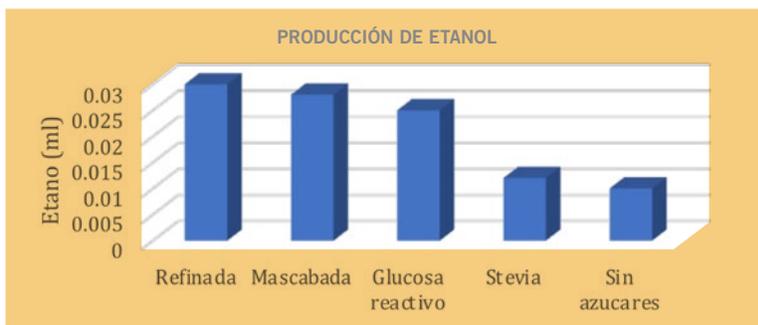
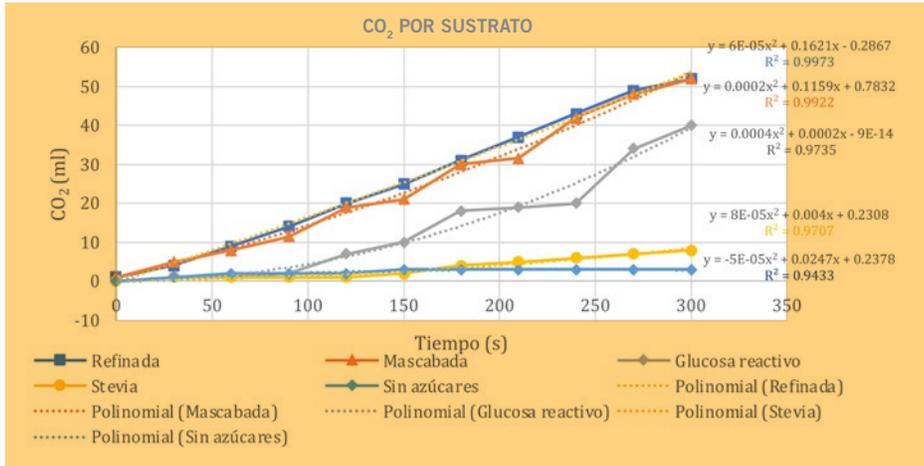


FIGURA 6. Producción de CO₂ prueba a 300 segundos.



El azúcar refinada resultó el sustrato más eficiente en la producción de etanol, seguido del azúcar mascabado; este comportamiento puede ser debido a los diferentes compuestos en su composición, como los minerales y la melaza, esto podría influir en la tasa de fermentación y, por ende, en la producción del etanol. Argote (2015) obtuvo este comportamiento en el análisis del azúcar comercial y melaza de caña para diferentes cepas nativas de *Saccharomyces cerevisiae*.

La glucosa de grado reactivo presentó una producción de alcohol notablemente más baja que el azúcar refinada, indicando que la sacarosa (unión de glucosa y fructosa mediante un enlace glucosídico) es más eficaz en la producción de alcohol que únicamente la glucosa (monosacárido) en grado reactivo.

La muestra control compuesta por agua y las *Saccharomyces cerevisiae* comerciales produjeron 0.010 ml de alcohol, demostrando que los conservadores marcados en el empaque incluyen un azúcar fermentable, el cual se encuentra en todos los sistemas analizados.

En comparación de la muestra control (sin azúcares) y la Stevia, se obtuvo una diferencia de 0.002 ml de alcohol por parte de la Stevia, lo que indica que los principales edulcorantes de la estevia (glucósidos de esteviol) no son sustratos fácilmente fermentables por las *Saccharomyces cerevisiae*.

CONCLUSIONES

Existe una relación directa entre la producción de dióxido de carbono y la producción del alcohol mediante la fermentación de los diferentes sustratos utilizados. Sin embargo, considerando el material utilizado y el gradiente de temperaturas de ebullición entre los principales alcoholes que se pudieron obtener después de la destilación (metanol y etanol), se exhorta a realizar la caracterización del producto obtenido o incorporar más de una destilación en la investigación.

La producción de alcohol se puede reproducir en laboratorio con relativo éxito, utilizando métodos ya conocidos. Claramente, el sustrato que mayor cantidad de alcohol producido fue el azúcar refinada, indicando que las sacarosas presentes en este sustrato son de mayor eficiencia para dicho proceso. El objetivo de comparar los resultados de acuerdo con los diferentes sustratos y los volúmenes obtenidos puede convertirse en un ejercicio atractivo y útil para el alumnado del bachillerato. Queda abierto a la iniciativa de alumnos y maestros el jugar con las distintas variables (pH, oxígeno disuelto, agitación del medio, temperatura) y contrastar resultados con fuentes acreditadas; esto representa tanto una guía como un reto. Al experimentar variantes de cepas como la *Zymomonas mobilis* por la *Sacharomyces cerevisiae* (Cazetta, 2007), o sustituir los sustratos azucarados por almidonosos o lignocelulósicos, las posibilidades de investigación se multiplican.

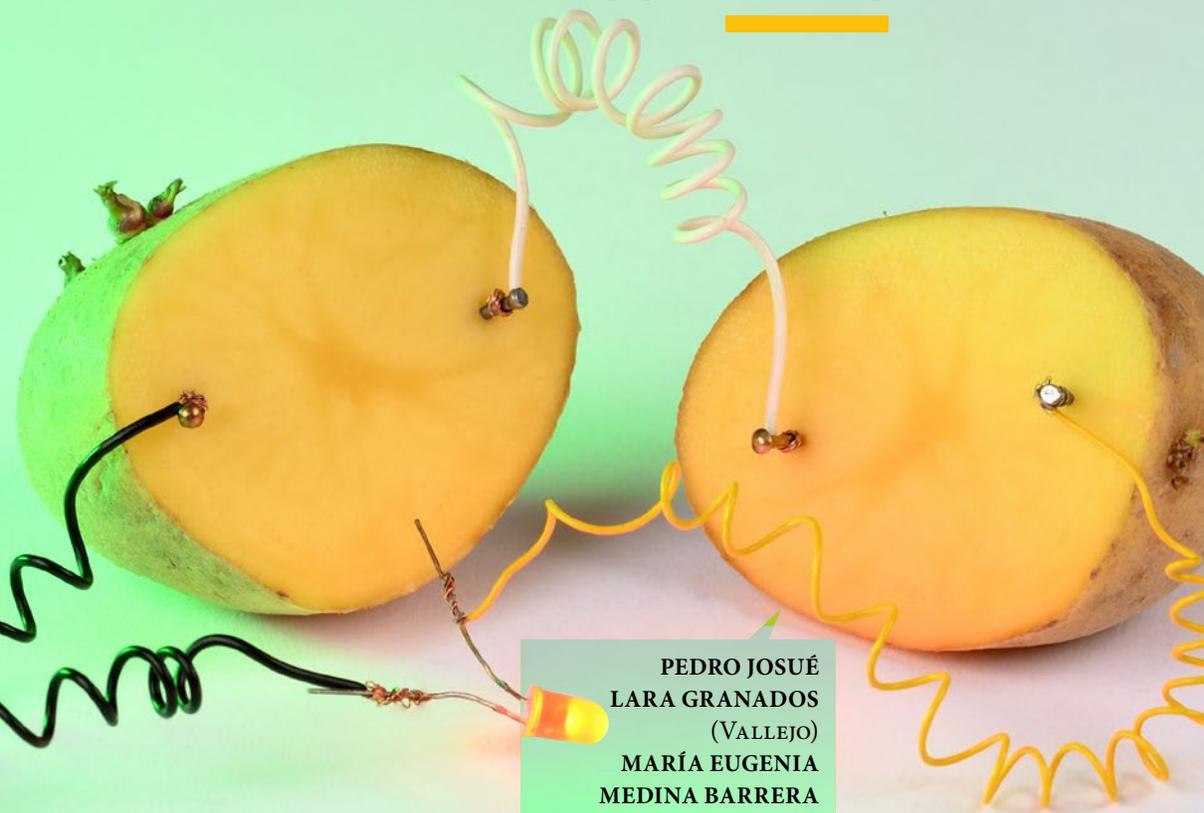


REFERENCIAS

- Alonso Gómez, L. A. y Bello Pérez, L. A. (2018). Materias primas usadas para la producción de etanol de cuatro generaciones: retos y oportunidades. *Agrociencia*, 52(7), 967-990. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952018000700967&lng=es&tln g=es
- Argote, F. E., Cuervo, R. A., Osorio, E., Delgado, J. y Villada, H. S. (2015). Evaluación de la Producción de Etanol a partir de Melaza con Cepas Nativas *Saccharomyces cerevisiae*. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 13(2), 40-48. [https://doi.org/10.18684/BSAA\(13\)40-48](https://doi.org/10.18684/BSAA(13)40-48)
- Cazetta, M., Celligoi, M., Buzato, J. y Scarmino, J. (2007). Fermentation of molasses by *Zymomonas mobilis*: Effects of temperature and sugar concentration on ethanol production. *Bioresource Technology*, 98(15), 2824-2828.
- Peña, C. y Arango, R. (2009). Evaluación de la producción de etanol utilizando cepas recombinantes de *Saccharomyces cerevisiae* a partir de melaza de caña de azúcar. *DYNA*, 76 (159), 153-161. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532009000300016&lng=en&tln g=es
- Ruiz-Marín, Alejandro, Canedo-López, Yunuén, Narváez-García, Asteria, & Robles-Heredia, J. Carlos. (2016). Producción de etanol por *Saccharomyces cerevisiae* y *Zymomonas mobilis* coimmobilizadas: propuesta para el uso de desechos orgánicos. *Agrociencia*, 50(5), 551-563. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952016000500551&lng=es&tln g=es



¿SE PODRÁ ENCENDER UN LED CON PAPAS?



PEDRO JOSUÉ
LARA GRANADOS
(VALLEJO)
MARÍA EUGENIA
MEDINA BARRERA
(ENP 5)
MARTE ADOLFO
PÉREZ GÓMEZ BOTELLO
(VALLEJO)

RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo comprobar lo que en diversas fuentes bibliográficas y de comunicación se afirma: “Las papas son una fuente de energía eléctrica”, por lo tanto, pueden encender un LED (diodo emisor de luz). Para demostrarlo diseñamos un experimento que nos permite medir el voltaje (v), corriente (A) y resistencia (Ω), en un circuito eléctrico básico de iluminación, que tiene como fuente de energía el tubérculo *Solanum tuberosum*, es decir, papa criolla. Se muestra cómo la energía potencial química se transforma en eléctrica por medio de reacciones que suceden en este vegetal, fenómeno conocido como óxido-reducción (redox). Iniciamos conectando una papa con dos electrodos, midiendo el voltaje y corriente con multímetro y osciloscopio. Posteriormente, agregamos papas, una a una, con el fin de elevar el voltaje y la corriente, hasta formar un circuito mixto (serie-paralelo) con ocho papas. En este circuito el voltaje y la corriente se comportaron linealmente, de acuerdo con la ley de Ohm. Finalmente, se logró encender el diodo, aunque el lapso fue muy corto, demostrando que es posible transformar la energía química en eléctrica.

INTRODUCCIÓN

Este proyecto tiene como objetivos: primero, confirmar que el pensamiento científico puede aplicarse en la resolución de problemas para comprender y medir los fenómenos de la naturaleza; segundo, demostrar que un LED puede encenderse a través de la energía presente en la papa.

El Sol es la fuente de energía de la vida en la Tierra. Las plantas obtienen la energía necesaria para realizar sus funciones vitales a través de la fotosíntesis, consistente en transformar la energía luminosa del sol en energía química. Esta energía es almacenada en las moléculas de las plantas, tal como sucede en las papas.

El ácido ascórbico (vitamina C) está presente en las moléculas de la papa, es un compuesto antioxidante no enzimático que induce respuestas relacionadas al crecimiento en las plantas. Para enfrentar el estrés que aumenta el estado de oxidación de la célula, aproximadamente de 121.6 a 324.8 mg de ácido ascórbico/100 g (Mora *et al.*, 2011; Cerón *et al.*, 2018).

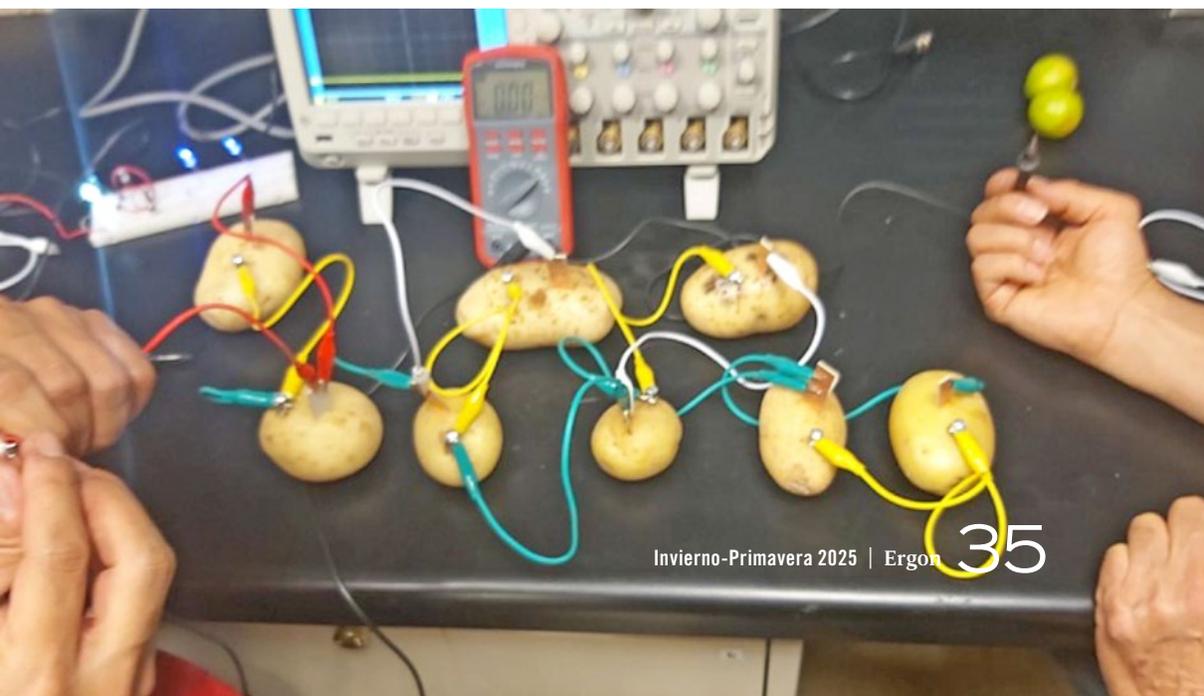
La papa puede generar electricidad gracias a la acidez que provoca el ácido ascórbico (Fernández y Alaniz, 2015). En este estudio colocamos electrodos de zinc y cobre, que, en contacto con el interior ácido de la papa, actúan como electrolito, cargándose negativa y positivamente, debido a reacciones químicas de oxidación-reducción. Ello origina una diferencia de potencial y el flujo de cargas entre los electrodos. Golberg *et al.* (2010) estudiaron la impedancia interna galvánica aparente con uso potencial en vegetales, específicamente en la papa. El estudio aportó datos que hacen posible el diseño de una batería electrolítica de Zn/Cu-papa. La salida de voltaje máxima de esta batería es de aproximadamente 0.76 V, encontrándose desde 0.65 V, probablemente debido a la pasivación de los electrodos, hasta 0.89 V.

La hipótesis que podemos plantear es si una batería de papas podrá encender un LED.

MATERIALES Y MÉTODOS

Construimos los circuitos eléctricos para medir voltaje, resistencia y corriente de la papa, usando cables caimán-caimán, laminillas de cobre puro (cátodo [+]) y tornillos galvanizados con zinc (ánodo [-]) como electrodos. Se procedió a conectar una papa, midiendo valores de voltaje y corriente, agregando una papa al sistema y midiendo, hasta formar un circuito en serie de cuatro papas; conectando cuatro papas más en paralelo, formamos un circuito mixto con ocho papas como puede observarse en la imagen 1. A este circuito se le conectó un LED rojo de 5 mm a 1.7 v y 20 mA máximo, según dato de fabricante.

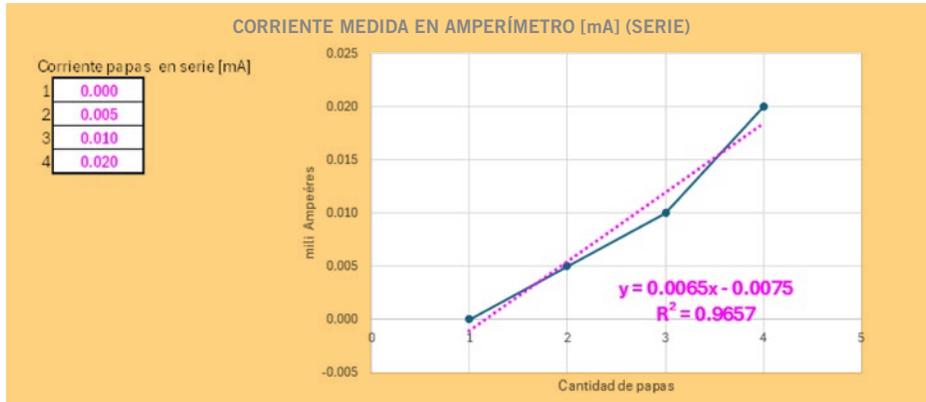
IMAGEN 1. Circuito mixto de 8 papas.



RESULTADOS

Observamos que al aumentar el número de papas conectadas, la corriente y voltaje se incrementan gradualmente.

GRÁFICA 1. Relación entre la cantidad de papas conectadas en serie y la corriente en miliamperios.

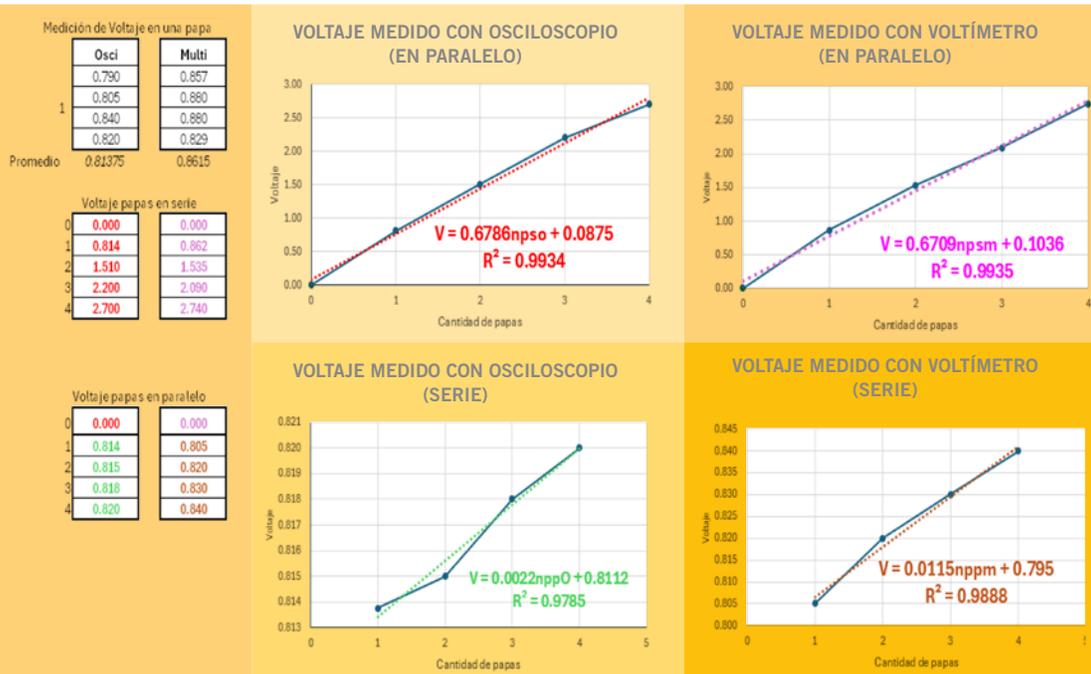


Este aumento en la corriente corresponde de manera directamente proporcional al voltaje logrado, por lo que podemos observar un comportamiento óhmico.

En la gráfica 2 se muestra la relación de las mediciones obtenidas en un osciloscopio y un multímetro. Consideramos importante medir con dos instrumentos para comprobar el comportamiento de los circuitos.



GRÁFICA 2. Relación de las mediciones obtenidas en un osciloscopio y un multímetro.



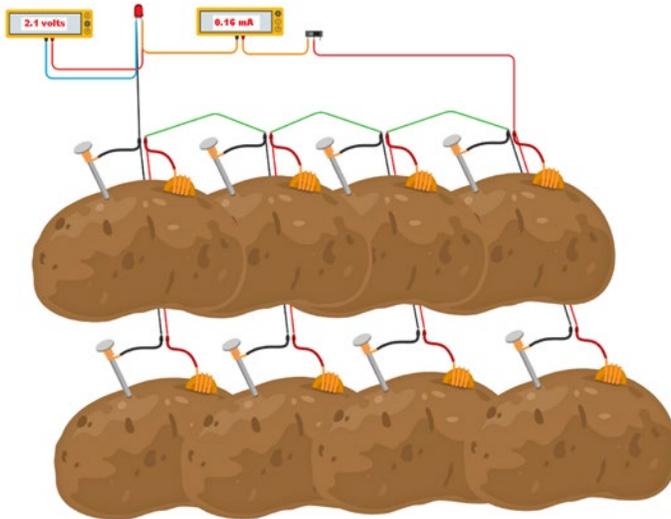
Podemos observar que las R^2 obtenidas nos indican un ajuste muy cercano al comportamiento de la ley de Ohm, ya que el incremento de corriente correspondió de manera proporcional al de voltaje.

DISCUSIÓN

Los resultados experimentales corresponden a la hipótesis inicial. Aunque el LED sólo da un destello brillante inicial y rápidamente deja de emitir luz, sí es posible encenderlo. Las condiciones del experimento y la velocidad a la que sucede la reacción redox explican el periodo tan corto que permanece encendido, basados en el comportamiento del circuito mixto (Albarrán, 2008).

El LED encendió un lapso de 1.5 segundos con una corriente máxima de 0.16 mA y un voltaje de 2.1 V, como se muestra en la imagen 2.

IMAGEN 2. Circuito construido en Tinkercad (GNU).



CONCLUSIONES

El circuito eléctrico alimentado por papas logra encender un diodo emisor de luz como se ve en las imágenes 3 y 4.

Sin embargo, es poco eficaz. La cantidad de papas necesaria para que se logre mantener encendido el LED hace que sea poco eficiente y demasiado costoso, pero resultó interesante realizar el experimento para demostrar la propuesta inicial.



IMAGEN 3. LED apagado.

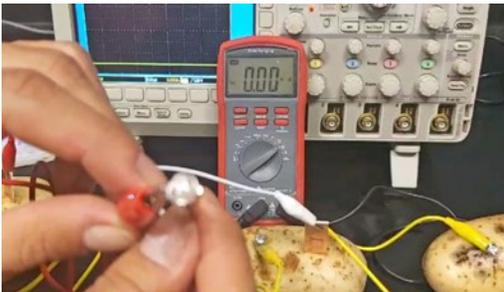
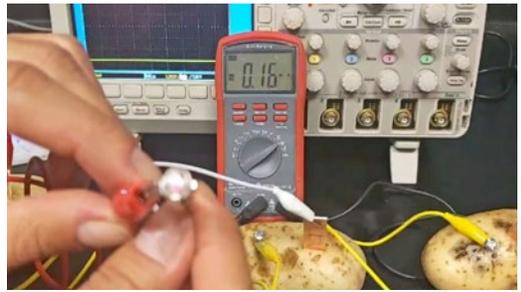


IMAGEN 4. LED encendido.



REFERENCIAS

- Albarrán Zavala, E. (2008). El potencial redox y la espontaneidad de las reacciones electroquímicas. *Latin-American Journal of Physics Education*, 2(3). <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiUgKTNzNqIAXUrEkQIHTazESQ4ChAWegQIFBAB&url=https%3A%2F%2F dialnet.unirioja.es%2Fdescarga%2Farticulo%2F2735574.pdf&usg=AOvVaw02gpxiSd0tmDQ2JHszHSeO&opi=89978449>
- Cerón Lasso, M., Alzate Arbeláez, A., Rojano, B. y Ñuztez Lopez, C. E. (2018). Composición fisicoquímica y propiedades antioxidantes de genotipos nativos de papa criolla (*Solanum tuberosum*). *Información tecnológica* 29(3), 205-216. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642018000300205>
- Fernández Escobar, F. y Alaniz Álvarez, S. A. (2015). *Experimentos simples para entender una Tierra complicada*. 8. ¡A la carga! Experimentos sobre electricidad y magnetismo. Centro de Geociencias/UNAM.
- Golberg, A., Rabinowitch, H. D. y Rubinsky, B. (2010). Zn/Cu-vegetative batteries, bioelectrical characterizations, and primary cost analyses. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*. 2(3). https://www.researchgate.net/publication/239391768_ZnCu-vegetative_batteries_bioelectrical_characterizations_and_primary_cost_analyses
- Mora Herrera, M. E., Peralta Velázquez, J., López Delgado, H. A., García Velasco, G. y González Díaz, J. G. (2011). Efecto del ácido ascórbico sobre crecimiento, pigmentos fotosintéticos y actividad peroxidasa en plantas de crisantemo. *Revista Chapingo*. 17, 73-81. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rcsh/v17nspe2/v17nspe2a8.pdf>.



CUANTIFICACIÓN DE PRODUCCIÓN DE OXÍGENO FOTOSINTÉTICO EN MUESTRAS DE FICUS Y ELODEA

MIGUEL ALEJANDRO
MALDONADO GORDILLO
(ENP 6)
GABRIELA ESTEFANÍA
TÉLLEZ LUNA
(ENP 2)
ROSA ATZIMBA
MORALES MONROY

CO₂

RESUMEN

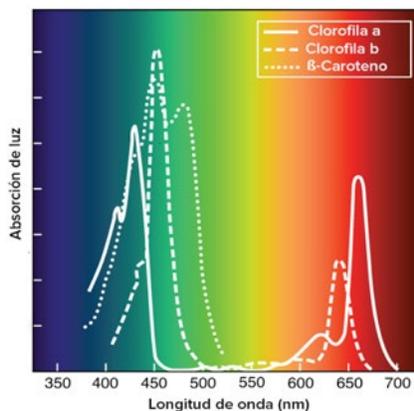
Se investiga el efecto del color de la luz incidente en la producción de oxígeno fotosintético en muestras de *Ficus* y de *Elodea*. El color de la luz se asocia a la cantidad de energía absorbida por una planta para estimular las reacciones dependientes de la luz durante la fotosíntesis; de esta forma, se esperan variaciones en la producción de oxígeno ante distintos colores de luz. Para evaluar este fenómeno se utilizaron 20 ml de disolución de NaHCO_3 al 0.2% v/m, donde se agregaron 10 discos de 6 mm de diámetro de hojas de *Ficus* y 10 hojas de *Elodea*, respectivamente. Las muestras fueron expuestas a luz blanca, verde y azul y se registró cada dos minutos la cantidad de burbujas de oxígeno formadas, durante seis minutos. Se encontró que la luz azul produjo mayor formación de burbujas y, por lo tanto, mayor volumen de oxígeno en ambas muestras. Adicionalmente, se cuantificó una mayor producción de oxígeno en la muestra de *Ficus* que en la de *Elodea*. Se discuten las propiedades de la onda de luz azul y su potencial para favorecer la fase luminosa de la fotosíntesis.

INTRODUCCIÓN

La fotosíntesis es un proceso químico que convierte materia inorgánica en orgánica a partir de la transformación de la energía de la luz solar en energía química, liberando como subproducto oxígeno en estado gaseoso. La luz visible es la parte del espectro electromagnético que los ojos del ser humano son capaces de detectar; se compone de ondas de distinta longitud separables en los siete colores primarios. La longitud de onda asociada a cada color determina la cantidad de energía de los fotones, de tal forma que la luz de mayor energía corresponde al extremo violeta mientras que la menos energética es la luz roja.

Las plantas capturan la energía de los fotones mediante células especializadas llamadas pigmentos fotosintéticos, que se encuentran en los cloroplastos (Gao *et al.*, 2022; Runkle, 2017). Estos pigmentos capturan preferentemente las fracciones azul y roja del espectro visible, como se muestra en la figura 1.

FIGURA 1. Espectro de absorción de los pigmentos.
Fuente: Khan Academy.



Sin embargo, la eficiencia de la fotosíntesis no solo depende de la intensidad de la luz y las longitudes de onda recibidas; un factor importante es la disponibilidad de CO_2 .

Con base en lo anterior, nuestro proyecto consistió en evaluar cualitativamente la producción de O_2 a partir de filtros de luz de color blanca, azul y verde.

METODOLOGÍA

Se utilizó como medio rico en carbono una disolución al 0.2 % m/v de NaHCO_3 , de la cual se tomaron 20 ml en tres jeringas conectadas a un sistema que permite almacenar

el gas producido. Se estudiaron tres muestras con 10 hojas de Elodea cada una y tres muestras con 10 discos de 6 mm de hoja de Ficus. El experimento se realizó simultáneamente con una muestra de Ficus, una de Elodea y una muestra control (disolución), utilizando una lámpara de luz blanca en el primer caso; mientras que en las otras dos se empleó un filtro de papel celofán color azul y verde, respectivamente (figuras 2 y 3). Las muestras fueron iluminadas durante 6 minutos, y se contabilizó la producción de burbujas cada 2 minutos.

FIGURA 2. Diagrama de flujo.

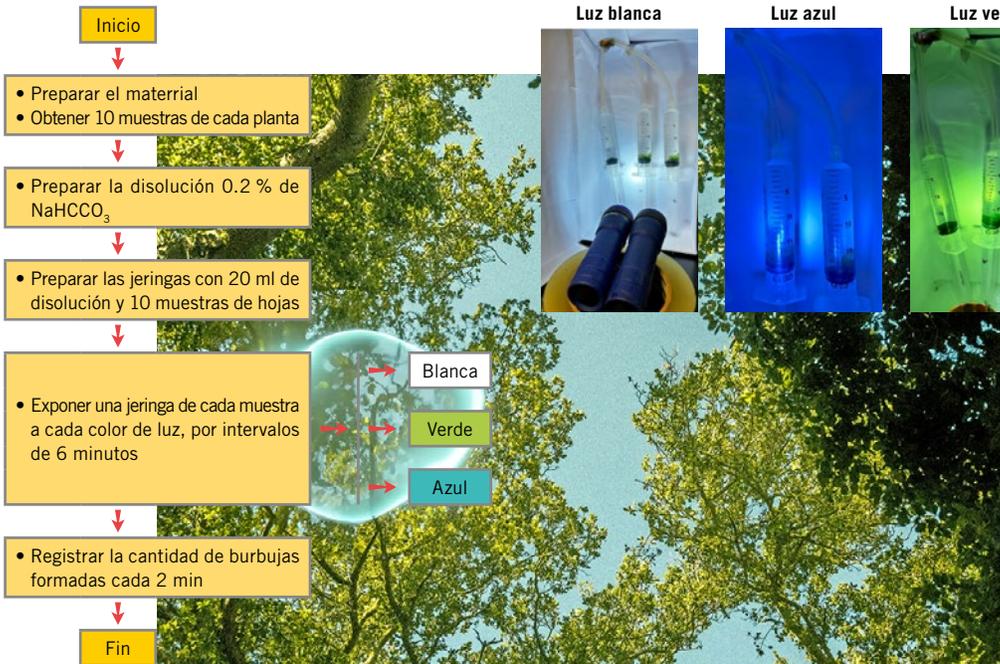
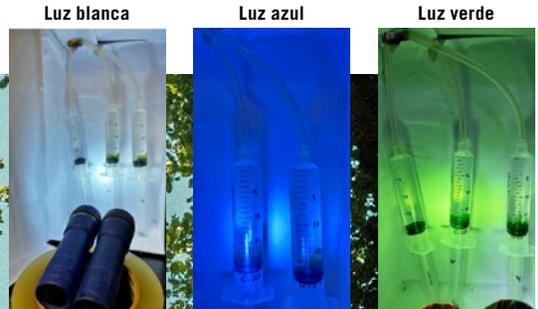


FIGURA 3. Montado del sistema.

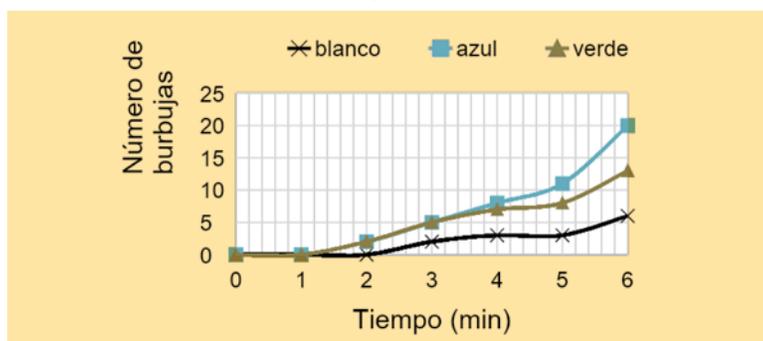


RESULTADOS

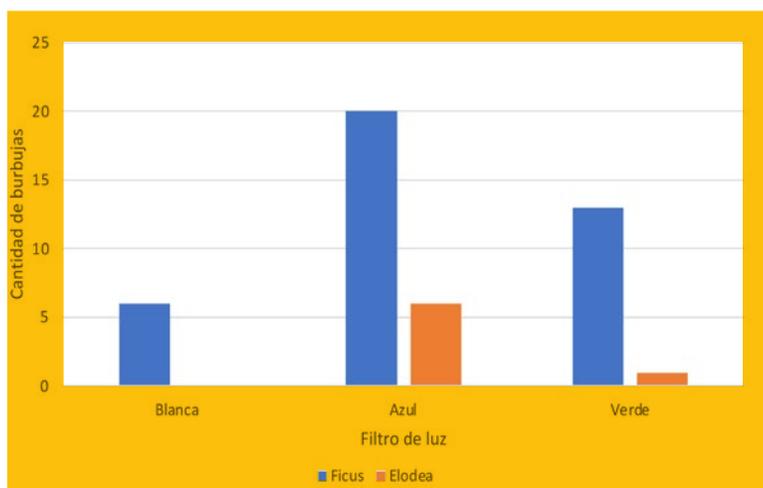
Producción de O₂ ante diferente color de luz en Ficus y Elodea

En la gráfica 1 se registró la formación de burbujas de O₂ en respuesta a la iluminación con los diferentes colores de luz. Se observa que la cantidad se incrementó a lo largo del tiempo en la superficie de las hojas de Ficus, predominantemente en la muestra con luz azul. No se graficó la producción de O₂ de Elodea por la ausencia de burbujas.

GRÁFICA 1. Dinámica de la producción de O₂ en hojas de Ficus ante diferentes colores de luz



GRÁFICA 2. Burbujas cuantificadas con los diferentes tipos de filtros en muestras de Elodea y Ficus

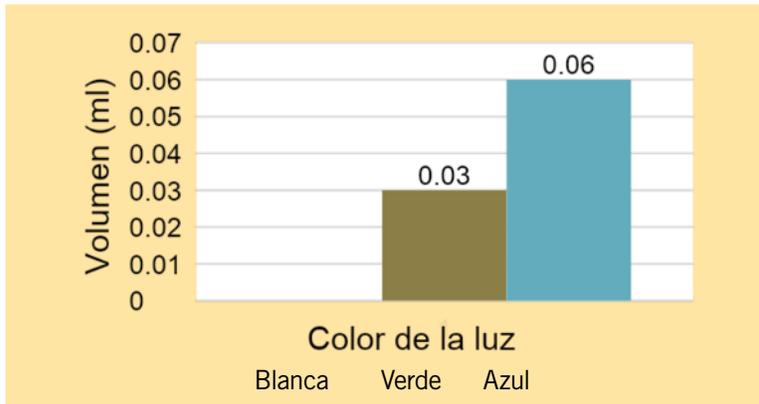


Volumen producido de O₂ en Ficus con diferentes tipos de luz

Se realizó una correlación entre la cantidad de burbujas producidas y el volumen de O₂, midiendo con una jeringa de 1 mL el volumen desplazado por el gas. La luz azul estimuló una mayor producción de O₂ (0.06 ml)

con respecto al volumen producido por la luz verde (0.03 ml), es decir, el doble. Esto se puede apreciar en la gráfica 3. Al igual que en los casos previos, la luz blanca no estimuló la producción de gas.

FIGURA 3. Volumen de O₂ producido por las muestras de Ficus ante diferentes colores de luz.



DISCUSIÓN

La clorofila tipo B, presente tanto en el Elodea como en el Ficus, absorbe la luz en el rango de color azul y rojo mientras que el verde lo absorbe en menor medida (Van Grondelle y Boeker, 2017). Las longitudes de onda del espectro azul y rojo permiten que los fotones incidentes estimulen a la clorofila contenida en los fotosistemas para comenzar el proceso en la cadena transportadora de electrones (ETC). Los resultados obtenidos muestran mayor producción de O₂ en el filtro azul para todas las pruebas realizadas, lo que explica su utilización para acelerar el crecimiento en plantas Cambiar

por: (Gao *et al.*, 2022; Runkle, 2017; Katam *et al.*, 2022).

Las diferencias en los resultados de Ficus y Elodea pueden deberse a la intensidad de la lámpara de luz blanca, a la que se agregaron filtros para el color azul y verde. El uso de filtros no asegura una transmisión uniforme de la fuente de luz, o bien que sea la longitud de onda adecuada. Nos apoyamos en esta idea porque la luz blanca debería producir O₂ en cualquiera de las hojas, por tener todas las longitudes de onda del espectro visible. La disponibilidad de carbono en la disolución de NaHCO₃ (0.2% m/v)

permitió un ingreso constante de bicarbonato (HCO_3^-), tanto en *Elodea* como en *Ficus*, con el fin de producir glucosa sin dañar las células vegetales en el proceso de la fotosíntesis. Probablemente el uso de otras fuentes de luz, como los LED, sean más eficaces para promover el efecto buscado. Se observa conveniente realizar este cambio al repetir el experimento.

CONCLUSIONES

Este estudio demuestra la producción fotosintética de O_2 en distintos tipos de vegetales, usando utensilios simples y de fácil obtención. Esto permite replicar los experimentos en cualquier laboratorio escolar. La luz azul fue la más eficiente en la producción de O_2 en ambos organismos fotosintéticos. Sugerimos repetir este experimento usando luces LED.



REFERENCIAS

- Van Grondelle, R., y Boeker, E. (2017). Limits on Natural Photosynthesis. *The Journal of Physical Chemistry*, 121(30), 7229-7234.
- Gao, S., Wang, K., Li, N., Lv, Y., Cao, B., Chen, Z. y Xu, K. (2022). The growth and photosynthetic responses of white LEDs with supplemental blue light in green onion (*Allium fistulosum* L.) unveiled by Illumina and single-molecule real-time (SMRT) RNA-sequencing. *Environmental and Experimental Botany*, 197.
- Runkle, E. (2017). Effects of Blue Light on Plants. Michigan State University.
- Katam, K., Ananthula, R., Anumala, S., Sriariyanun, M. y Bhattacharyya, D. (2022). The impact of light intensity and wavelength on the performance of algal-bacterial culture treating domestic wastewater. *E3S Web of Conferences*, 355.
- Khan Academy (s/f). Luz y pigmentos fotosintéticos. <https://es.khanacademy.org/science/biology/photosynthesis-in-plants/the-light-dependent-reactions-of-photosynthesis/a/light-and-photosynthetic-pigments>
- Manrique Reol, E. (enero-abril, 2003). Los pigmentos fotosintéticos, algo más que la captación de luz para la fotosíntesis. *Ecosistemas*, XII(1), 1-11. <https://www.redalyc.org/pdf/540/54012108.pdf>

EFECTOS
DE LA TEMPERATURA
EN LA FRECUENCIA CARDIACA
DE LA PULGA DE AGUA
DAPHNIA MAGNA

IBRAHIM G. CASTRO TORRES
(SUR)
NORA A. RODRÍGUEZ ÁVILA
(ENP 2)



RESUMEN

Se estudió a la pulga de agua (*Daphnia magna*), cómo es que la temperatura ambiental influye en su frecuencia cardíaca, así como las posibles afectaciones a su ecosistema. Estudiar la exposición de este organismo a diferentes temperaturas, permite analizar su supervivencia. Se trabajó con grupos experimentales de cinco pulgas, en los que se midió la frecuencia cardíaca a diferentes temperaturas (20 °C, 30 °C, 40 °C y 50 °C), teniendo como controles un grupo a temperatura ambiente y otro con una disolución de tabaco al 10%. Los resultados demostraron que el incremento de la temperatura, desde los 20 °C a los 50 °C, cambió la frecuencia cardíaca de las pulgas en un rango de 5.1 a los 7.2 Hz. El grupo tratado con tabaco también incrementó la frecuencia cardíaca.

La muerte de los organismos ocurrió a partir de 50 °C o debajo de la temperatura ambiente. Este trabajo demostró que la pulga es un organismo resistente a incrementos térmicos, propiedad que le permitirá sobrevivir en ecosistemas que se vean afectados por periodos prolongados de calor, garantizando que la *Daphnia* sirva de alimento para diversos animales del medio.

INTRODUCCIÓN

La *Daphnia magna* es un organismo útil para realizar pruebas de toxicidad de fármacos como antidepresivos, antibióticos, anticancerígenos y antiinflamatorios (Tkaczyk *et al.*, 2021). Su anatomía transparente permite analizar el efecto de diversos factores sobre órganos como el corazón, perceptible con equipos microscópicos y estereoscópicos (Villegas-Navarro *et al.*, 2003); sin embargo, los bioensayos acuáticos que evalúan la frecuencia cardíaca de este organismo requieren observaciones a largo plazo y obtención de datos suficientes para llegar a conclusiones pertinentes (Kwon *et al.*, 2021).

MATERIAL Y MÉTODOS

Daphnia magna

Se utilizaron organismos adquiridos en un acuario de la Ciudad de México. Cada grupo experimental se conformó por 5 pulgas. Los grupos experimentales fueron evaluados a temperatura ambiente: (20 °C, 30 °C, 40 °C y 50 °C), así como uno con una disolución de tabaco al 10%.

Evaluación de la frecuencia cardíaca

Para el incremento de la temperatura se utilizaron materiales como parrilla eléctrica, mechero de Bunsen, termómetro de mercurio (-20 °C a 120 °C) y equipo de cristalería como vasos de precipitado, cajas de Petri y otros como pipetas beral.

Las *Daphnias* fueron fijadas con apoyo de un portaobjetos/cubreobjetos y observadas con un microscopio óptico, usando el aumento de 20x. Se grabó la actividad cardíaca de la pulga durante 10 segundos, usando la cámara lenta de un

dispositivo iPhone 11, después fueron cuantificados los latidos por cada segundo y se reportaron los valores en hertzios.

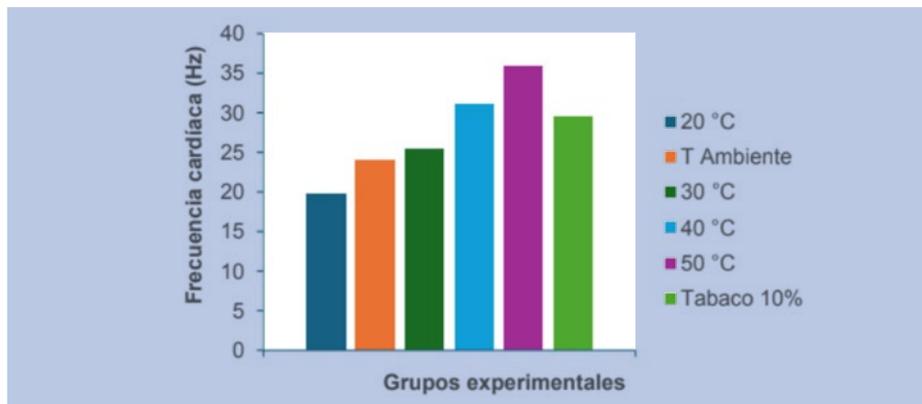
RESULTADOS

El incremento de la temperatura causa un aumento en la frecuencia cardíaca de las pulgas. A temperatura ambiente, aproximadamente 23.3 °C, la frecuencia promedio fue 4.8 Hz. Esta frecuencia baja a valores medios de 4.0 Hz cuando las pulgas son sometidas a un descenso en la temperatura, comprometiendo su vida. El incremento de la temperatura a valores de 30 °C, 40 °C y 50 °C se tradujo en un aumento de la frecuencia cardíaca, en promedios de 5.1, 6.2 y 7.2 Hz respectivamente. El grupo tratado con la disolución de tabaco al 10 % también aumentó su frecuencia cardíaca.

El incremento a 50 °C comprometió la vida de los crustáceos. Los resultados demuestran que existe una resistencia a los incrementos de la temperatura, mostrando como respuesta el aumento de la frecuencia cardíaca. Los resultados están resumidos en la siguiente tabla y expresados en forma de gráfico. En la tabla se muestran los valores de las frecuencias cardíacas en cada una de las pulgas, de los diferentes grupos experimentales; los resultados se reportaron como el promedio de estos valores y se graficaron con respecto al grupo experimental de esta investigación.

TABLA 1. Frecuencia cardíaca de la pulga en los diferentes grupos experimentales

GRUPOS EXPERIMENTALES						
ORGANISMO	TEMPERATURA (°C)					NICOTINA
	AMBIENTE					
	20	23	30	40	50	(10%)
FRECUENCIA CARDÍACA (Hz)						
1	4	4.6	4.9	5.7	7.1	5.5
2	4.2	5	5.1	6.3	7.4	6
3	3.8	4.9	5.3	6.8	7	5.8
4	4.2	5	5	5.9	6.9	6.1
5	3.6	4.5	5.2	6.3	7.5	6
Σ	19.8	24	25.5	31	35.9	29.4
\bar{x}	4.0	4.8	5.1	6.2	7.2	5.9
σ	0.3	0.2	0.2	0.4	0.3	0.2



DISCUSIÓN

Nuestros hallazgos coinciden con estudios previos que señalan una relación directa entre la temperatura y la tasa metabólica en pulgas de agua, lo que se traduce en un aumento de la frecuencia cardíaca como mecanismo de adaptación para mantener su metabolismo. En relación al grupo tratado con tabaco, se observó un incremento en la frecuencia cardíaca, lo cual puede ser explicado por la presencia de nicotina y otros alcaloides en el tabaco que actúan como estimulantes del sistema nervioso. Kogan (2018) encontró que la exposición a nicotina en insectos genera un aumento significativo en la actividad cardíaca debido a la estimulación de los receptores nicotínicos. La mortalidad observada a 50 °C, o por debajo de la temperatura ambiente de las pulgas, sugiere un rango térmico crítico para la supervivencia de estos organismos.

Este fenómeno ha sido documentado por Johnson (2015), quien reportó que temperaturas extremas, tanto altas como bajas, pueden ser letales para los ectotermos debido a la desnaturalización de proteínas y la pérdida de funcionalidad celular.

CONCLUSIÓN

La frecuencia cardíaca de *Daphnia magna* aumenta conforme se elevan los niveles de temperatura. Lo cual demuestra que puede resistir a variaciones del incremento de calor de su sistema acuático y mantenerse activa para ser una fuente de alimentación de organismos superiores.

AGRADECIMIENTOS

Al doctor Fernández de Miguel por su valiosa asesoría y a todo su equipo de profesores orientadores: Bruno, Alejandro, Lety, Armando, Odete, Christopher y Camila.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Johnson, R. (2015). Thermal limits in ectotherms: Mechanisms of heat and cold tolerance. *Journal of Thermal Biology*, 49, 55-60.
- Kogan, P. (2018). Nicotine and its effects on insect physiology. *Insect Physiology Review*, 24(3), 198-210.
- Kwon, I. H., Kim, I. Y., Heo, M. B., Park, J. W., Lee, S. W. y Lee, T. G. (2021). Real-time heart rate monitoring system for cardiotoxicity assessment of *Daphnia magna* using high-speed digital holographic microscopy. *Science of the Total Environment*, 780, 146405.
- Tkaczyk, A., Bownik, A., Dudka, J., Kowal, K. y Ślaska, B. (2021). *Daphnia magna* model in the toxicity assessment of pharmaceuticals: A review. *Science of the Total Environment*, 763, 143038.
- Villegas Navarro, A., Rosas, L. E. y Reyes, J. L. (2003). The heart of *Daphnia magna*: effects of four cardioactive drugs. *Comparative biochemistry and physiology. Toxicology & pharmacology*, 136(2), 127-134.



ENERGÍA FOTOVOLTAICA COMO FUENTE LUMÍNICA SOSTENIBLE

ROCÍO ANGÉLICA HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ
(DGCCH)
MIGUEL LÓPEZ PALETA
(ENP 8)
FRANCISCO PÁEZ PÉREZ
(ENP 2)

RESUMEN

Este proyecto explora la posibilidad de encender un foco usando energía eléctrica generada por plantas. Con base en investigaciones previas, buscamos construir un circuito eléctrico en serie alrededor de las raíces de diferentes tipos de plantas con el fin de obtener un mayor voltaje. Dicho circuito se basa en el proceso de rizodeposición y fue realizado con electrodos de cobre y zinc.

Para determinar su efectividad, medimos el voltaje en seis distintas especies de plantas y en circuitos construidos con combinaciones entre ellas. Identificamos diferencias en el voltaje de cada planta y que los voltajes de los circuitos son porcentualmente aditivos. A partir de un circuito de seis plantas se obtuvo un voltaje de 6.42 V, equivalente a cuatro pilas AAA que permitirían encender un foco LED; no obstante, no fue posible encender dicho foco.

Concluimos que debemos revisar otras variables biológicas implicadas en el experimento, así como homogeneizar el tipo de plantas para tener una base sobre la cual plantear futuros estudios. También es necesario revisar otras variables físicas implicadas en los circuitos eléctricos, como la resistencia, para optimizar el flujo de energía hacia el foco.

INTRODUCCIÓN

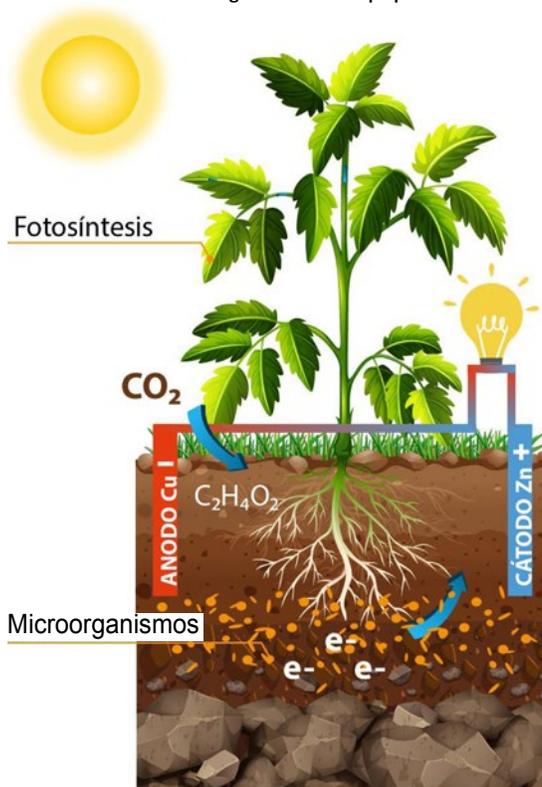
Las fuentes de energía limpias y renovables son de interés para numerosas áreas de conocimiento que tratan de mitigar las consecuencias del cambio climático. Este fenómeno es generado por el deterioro creciente de los ecosistemas en todo el mundo, y es provocado, sobre todo, por el uso de combustibles fósiles que representan alrededor del 60 % de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero (ONU, 2023).

Ante este desafío, los líderes mundiales propusieron, en 2015, 17 objetivos globales “para erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos, como parte de una nueva agenda de desarrollo sostenible” (ONU, 2023). Entre estos, el objetivo “Energía asequible y no contaminante” pretende garantizar el acceso a una energía más eficiente y limpia; no obstante, las estadísticas de la ONU (2023) indican que 660 millones de personas en el mundo continúan sin acceso a la energía eléctrica y casi 2000 millones siguen utilizando tecnologías contaminantes para cocinar o calentarse. En el caso de México, el Inegi (2018) reportó que el 90 % de las viviendas habitadas cuentan con energía eléctrica; sin embargo, sólo el 28.9 % de esta energía proviene de fuentes renovables (Rodicio, 2020).

Ante este panorama, es indispensable que los países refuercen su compromiso en la transición hacia un sistema energético más asequible, seguro y sostenible, invirtiendo en tecnologías más eficientes que utilicen energías renovables y limpias, así como promover la investigación en este rubro. Entonces, este trabajo surgió del interés por explorar los mecanismos relacionados con la energía biofotovoltaica, que se basa en procesos biológicos vegetales que pueden producir electricidad y sus posibles aplicaciones como una alternativa sostenible (Rojas *et al.*, 2018; Zapien *et al.*, 2019).

La energía biofotovoltaica se basa en el proceso de rizodeposición de las plantas, en el cual algunos azúcares producidos en la fotosíntesis se almacenan en las raíces como compuestos de carbono. Ciertos microorganismos heterotróficos, que viven en las raíces, tienen la capacidad de descomponer estas moléculas y, al hacerlo, transforman su energía química en electricidad (Lecaro y Garzón, 2021; Mata *et al.*, 2017). La energía producida se obtiene por medio de un circuito eléctrico en el que los electrones generados por la oxidación son captados por un ánodo (Cu) acoplado a un cátodo (Zn), y por el proceso de reducción del oxígeno a agua se genera una diferencia de potencial (figura 1), (Strik *et al.*, 2011, en Salgado *et al.*, 2019).

FIGURA 1. Celda de energía biofotovoltaica. Imagen: elaboración propia.



MÉTODO

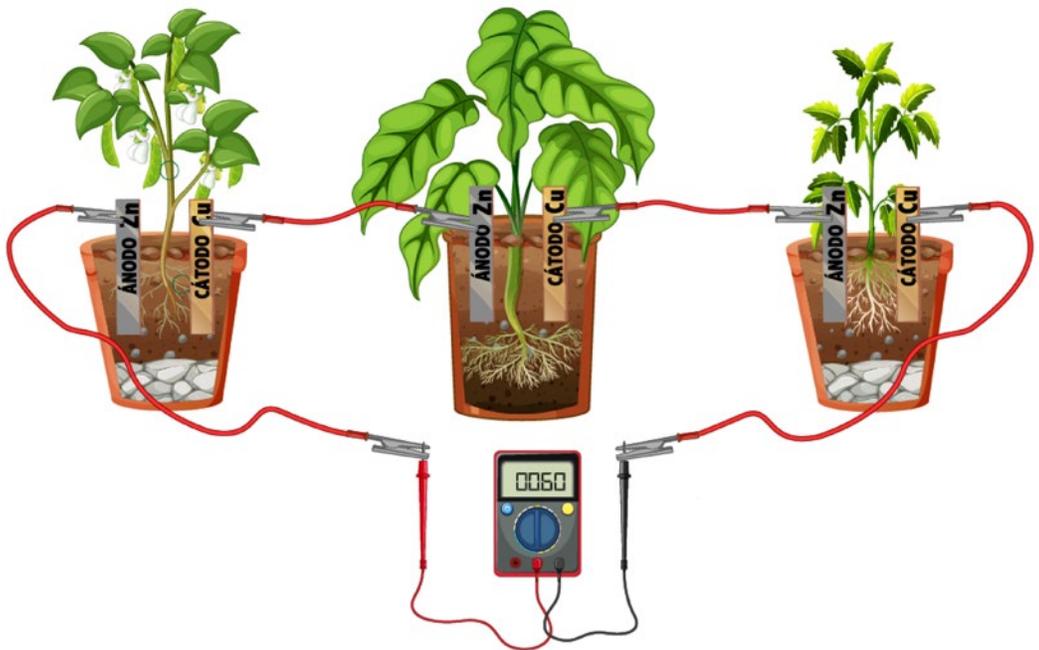
Esta investigación se realizó a través del método experimental aplicado a la comparación entre los voltajes producidos por diversas plantas. Además, se buscó optimizar el diseño de celdas biofotovoltaicas e identificar cuál era la manera más eficiente para producir energía eléctrica a partir de ellas.

Se utilizaron cinco especies de plantas, identificadas a partir de la aplicación Pl@ntNet (2024). Debido a que esta aplicación no da una clasificación exacta, sólo se señalan sus géneros o familias biológicas: alegría (*Impatiens sp.*), lengua de suegra (*Sansevieria sp.*), cola de cocodrilo

(posible *Huernia sp.* de la familia Apocynaceae), sábila (*Aloe vera*) y una cactácea (posible *Echinocereus sp.*).

Para producir la energía biofotovoltaica se realizaron celdas compuestas por un ánodo y un cátodo colocados dentro del sustrato de cada maceta, las cuales contenían sólo una planta. Es decir, se realizaron celdas individuales con cada especie. Posteriormente, se generaron distintos circuitos eléctricos para lo cual se realizaron combinaciones de celdas, conectando el ánodo de una planta con el cátodo de otra.

FIGURA 2. Circuito de energía biofotovoltaica. Imagen: elaboración propia.



Una vez construidas las celdas, se midió el voltaje de cada especie individualmente, utilizando un multímetro y se realizaron comparaciones entre especies de plantas. A continuación, se repitió el procedimiento con distintos ánodos y cátodos separados por una distancia de 2.5 cm y a profundidad de la raíz de cada planta. Esta distancia entre electrodos mostró más eficacia en la generación de diferencia de potencial,

mientras que la profundidad se eligió teniendo en cuenta el lugar donde se llevó a cabo el proceso de rizodeposición.

Se utilizaron las siguientes combinaciones de electrodos: codo de cobre + placa de zinc, alambre de cobre + tornillo de zinc, y placa de cobre + tornillo de zinc. Esto permitió identificar la combinación de ánodos y cátodos más eficaces para la producción de energía eléctrica.

FIGURA 3. Circuito en serie construido a partir de varias celdas biofotovoltaicas. Fotografía propia.

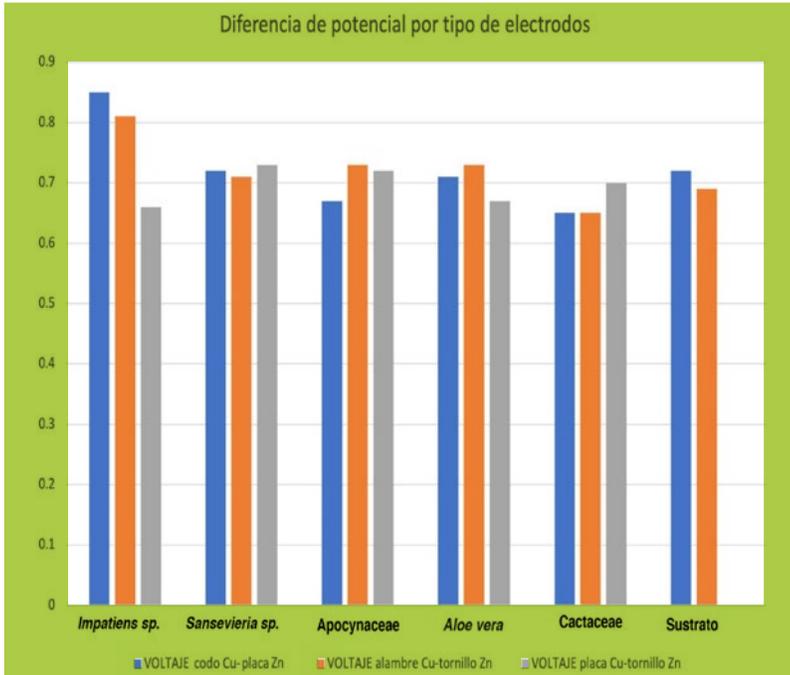


Después se conectaron en serie los electrodos elegidos, que fueron el alambre de cobre y el tornillo de zinc, haciendo combinaciones de pares y triadas entre especies de plantas; finalmente, se construyó una celda en serie, colocando hasta seis plantas como se muestra en la figura 3.

RESULTADOS

De cada especie se registró un voltaje distinto; por ejemplo, de *Impatiens sp.* se detectaron 0.80 V en dos mediciones. En contraste, la cactácea sólo registró 0.70 V en su medición más alta. La siguiente gráfica muestra las mediciones realizadas con distintas combinaciones de electrodos (figura 4).

FIGURA 4. Diferencia de potencial obtenida en cada sistema biofotovoltaico.



Los datos obtenidos se promediaron y se muestran en la tabla 1. En ella se observa que los sistemas alrededor de *Impatiens sp.* y *Sansevieria sp.* fueron aquellos que registraron un mayor voltaje, mientras que el de la cactácea tuvo el menor registro. Los demás sistemas no variaron mucho entre sí, ni en comparación con una muestra de sustrato húmedo a la cual también se le realizaron mediciones.

TABLA 1: Relación de voltaje en plantas con variación de electrodos

ESPECIE	ELECTRODO CODO Cu + PLACA Zn (5 CM)	ELECTRODO ALAMBRE Cu + TORNILLO Zn (1.5 CM)	ELECTRODO PLACA Cu + TORNILLO Zn (1.5 CM)	PROMEDIO
1) <i>Impatiens sp.</i>	0.85 V	0.81 V	0.66 V	0.77 V
2) <i>Sansevieria sp.</i>	0.72 V	0.71 V	0.73 V	0.72 V
3) Apocynaceae	0.67 V	0.73 V	0.72 V	0.70 V
4) <i>Aloe vera</i>	0.71 V	0.73 V	0.67 V	0.70 V
5) Cactaceae	0.65 V	0.65V	0.70 V	0.66 V
6) Sustrato	0.72 V	0.69 V	Sin datos	0.70 V

Al combinar celdas, esto es, los sistemas biofotovoltaicos en cada planta, se generaron circuitos en serie cuya diferencia de potencial aumenta con respecto a cada sistema. Las distintas combinaciones se muestran en las tablas 2 y 3.

TABLA 2: Circuito en serie, pares de plantas de diferentes especies

ESPECIE	VOLTAJE	ESPECIE	VOLTAJE	ESPECIE	VOLTAJE	ESPECIE	VOLTAJE
<i>Sansevieria sp.</i>	1.39 V	<i>Sansevieria sp.</i>	1.34 V	Apocynaceae	1.34 V	Apocynaceae	1.39 V
<i>Aloe Vera</i>		Cactaceae		Cactaceae		<i>Aloe Vera</i>	

TABLA 3: Circuito en serie, triadas de plantas de diferentes especies

ESPECIE	VOLTAJE	ESPECIE	VOLTAJE	ESPECIE	VOLTAJE	ESPECIE	VOLTAJE
<i>Impatiens sp.</i>	1.62	<i>Impatiens sp.</i>	1.47 V	<i>Impatiens sp.</i>	1.72 V	<i>Impatiens sp.</i>	1.83 V
<i>Sansevieria sp.</i>		<i>Sansevieria sp.</i>		Apocynaceae		Apocynaceae	
<i>Aloe vera</i>		Cactaceae		<i>Aloe vera</i>		Cactaceae	

Finalmente, se construyó una celda en serie, colocando hasta seis plantas, en la que fue posible observar que las diferencias de potencial se comportan de forma aditiva, por lo que se obtuvieron los resultados registrados en la tabla 4.

TABLA 4: Circuito en serie de hasta seis plantas

ESPECIE	VOLTAJE	ESPECIE	VOLTAJE	ESPECIE	VOLTAJE	ESPECIE	VOLTAJE
<i>Impatiens sp.</i>	2.19 V	<i>Impatiens sp.</i>	2.90 V	<i>Impatiens sp.</i>	3.57 V	<i>Impatiens sp.</i>	6.42 V
<i>Sansevieria sp.</i>		<i>Sansevieria sp.</i>		<i>Sansevieria sp.</i>		<i>Impatiens sp.</i>	
<i>Aloe vera</i>		<i>Aloe vera</i>		<i>Aloe vera</i>		<i>Sansevieria sp.</i>	
	Apocynaceae	Apocynaceae		<i>Sansevieria sp.</i>			
		Cactaceae	Apocynaceae				
			<i>Aloe vera</i>				

La siguiente gráfica muestra el incremento de la diferencia de potencial en el circuito entre las seis plantas (figura 5). Se observa que, a medida que se conectó una planta adicional, la diferencia de potencial aumentó hasta alcanzar 6.42 V.

FIGURA 5. Incremento de la diferencia de potencial observado en los circuitos realizados.



DISCUSIÓN

Se puede obtener energía de cada sistema alrededor de las plantas, el circuito en serie nos da la cantidad necesaria de voltaje para encender un LED, pero no se tiene la suficiente corriente; al medir la corriente con un multímetro el sistema se descarga y se tiene que esperar para que se acumule la energía necesaria.

A partir de la teoría, para lograr encender un foco es necesario colocar al menos tres celdas en paralelo iguales a las descritas en este artículo, esto mantendrá el voltaje constante y aumentará la posibilidad de generar el flujo de energía eléctrica constante (Resnick, Halliday y Krane).

En un trabajo futuro será interesante transpolar el método a un sistema más eficaz con un mayor número de plantas; realizar observaciones de la actividad de los organismos en las raíces y la calidad de los sustratos para generar una mayor cantidad de energía; así como valorar su eficiencia en un circuito de iluminación.

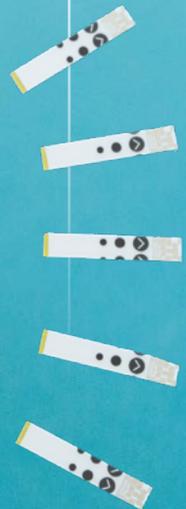


REFERENCIAS

- Affouard, A. y Chouet, M. (2024). *Pl@ntNet*. (Versión 3.19.8) [App Android]. <https://identify.plantnet.org/es>
- Lecaro Zambrano, J. L. y Grazón Montealegre V. J. (2021). Energía eléctrica fotosintética: una alternativa económica y ecológica para los sectores rurales y urbanos del Cantón Machala, Provincia de El Oro. *Polo del Conocimiento*, 6(12), 670-685.
- Mata González, M., Dimas Reséndiz, A., Machuca Pulido, L. y Medina Juárez, M. (2017). Generación de electricidad a base de fotosíntesis. *Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias*, 4(12), 5-11.
- ONU. (2023). *Objetivos de Desarrollo Sostenible. Energía asequible y no contaminante*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/energy/>
- Resnick, R., Halliday, D. y Krane, K. S. (2002). *Física. Vol. 2. Patria*.
- Rodicio, O. (2020). Energías renovables en México. ICEX. https://www.ivace.es/Internacional_Informes-Publicaciones/Pa%C3%A9ses/M%C3%A9xico/M%C3%A9xico_energiasrenovicex2020.pdf
- Rojas Flores, S., Aburto Custodio, A., Espilco Soriano, N., Minchola Gallardo, J., Rodríguez Yupanqui, M., Fernando Ugaz, O. y Mendoza Villanueva, K. (2018). Electricidad a partir de plantas vivas. *Cientifi-K*, 6(1), 36-40.
- Salgado Gutiérrez, M. C., Zepeda Hernández, J. A., Cid del Prado Martínez, M., Luna Villalobos, J. y Cruz Rodríguez, R. I. (2019). Celda biofotovoltaica para la generación de energía eléctrica a través de plantas vivas. *Academia Journals*.
- Zapien Rodríguez, J., Solorio de Jesús, B., Ballesteros Pacheco, J., y Núñez Ayala, F. (2019). Generación eléctrica a partir de la fotosíntesis natural: ¿Una realidad escalable? *Revista de Energías Renovables*, 3(1), 1-6.

MITO O REALIDAD: LAS BEBIDAS SIN AZÚCAR NO PRODUCEN CAMBIOS EN LOS NIVELES DE **GLUCOSA** EN LA SANGRE DE UNA PERSONA

EDUARDO MÉNDEZ
(ENP 2)
DANIELA FIGUEROA
(ENP 2)
KARLA ORTIZ
(ENP 5)



RESUMEN

En México, el consumo de bebidas azucaradas tiene un porcentaje elevado que ha repercutido en la salud de su población. Por su parte, el mercado ha presentado como una opción productos con etiquetado “sin azúcar”. Si bien el etiquetado pasa por una estricta normatividad, resulta pertinente conocer el impacto de estos en el organismo. Este trabajo pretende descifrar si es mito o realidad que las bebidas “sin azúcar” no producen cambios en los niveles de glucosa en la sangre. Se midió el nivel de glucosa en un conjunto de personas antes y después de consumir bebidas con y sin azúcar, para ver el impacto en el organismo. Se encontró una tendencia de ascenso en los niveles de glucosa en la sangre en la ingesta de bebidas azucaradas, en comparación con la ingesta de bebidas sin azúcar donde los incrementos de glucosa no representan cambios significativos. Sin embargo, no es una generalidad, ya que se hallaron situaciones particulares en esta tendencia.

INTRODUCCIÓN

Una pregunta interesante en el tema del consumo de bebidas es si realmente las bebidas “sin azúcar” no impactan en los niveles de glucosa de una persona cuando las ingiere. Se ha reportado que “las bebidas gasificadas endulzadas con azúcar elevan los niveles de glucosa de quienes las consumen, mientras que las endulzadas con edulcorantes pueden disminuir, mantener o elevar los niveles de glucosa” (Samudio, *et al.*, 2022). Sin embargo, en información proporcionada por redes sociales se declara que las bebidas “sin azúcar” no elevan los niveles de glucosa en una persona (GlucoFitness, 2023). Por ello, es de interés abordar qué es lo que ocurre realmente con los niveles de glucosa en una persona durante el consumo de bebidas “sin azúcar”.

MATERIALES Y MÉTODOS

El método consistió en el monitoreo de glucosa de un conjunto de personas a quienes se les midió su nivel de glucosa antes de la ingesta de la bebida en estudio. Esto se realizó en dos ocasiones, una al haber consumido una bebida azucarada y otra al beber una “sin azúcar”. Las bebidas estudiadas fueron gaseosas y jugos de frutas.

Solicitud de participantes

Se realizó la solicitud de 10 voluntarios para apoyar el estudio de los cuales su rango de edad fue de los 22 a los 40 años.

Ellos firmaron un consentimiento en donde estuvieron de acuerdo con la toma de la muestra a través de una gota de sangre de su dedo.

Barrido de niveles de glucosa

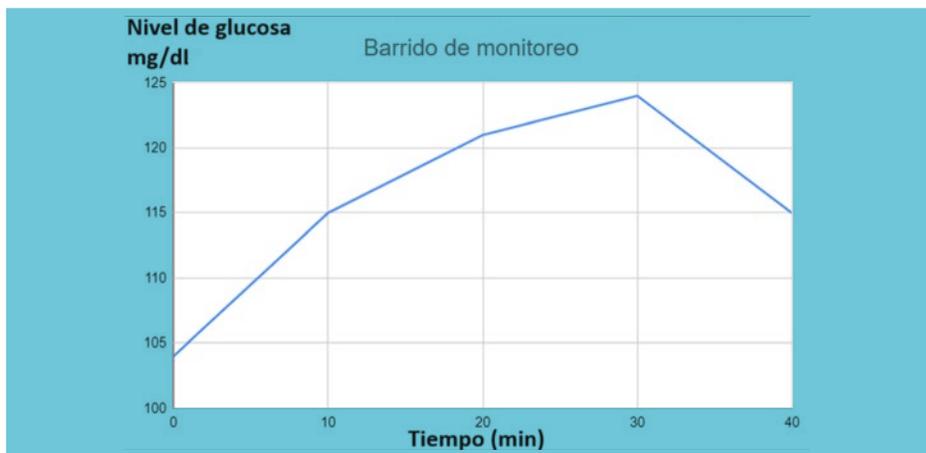
Se identificó la necesidad de asegurar que el monitoreo de glucosa en las personas después de haber ingerido la bebida mostrara el mayor aumento de glucosa alcanzado. Para ello se optó por determinar un tiempo en donde se pudiera asegurar el mayor valor de elevación de glucosa causado por la bebida. Este estudio se realizó sólo en uno de los voluntarios.

Toma de las muestras

Para realizar el piquete se utilizaron lances y para el monitoreo de glucosa se utilizó un glucómetro marca Contour Plus. Debido al contexto de los participantes, el monitoreo se realizó en promedio dos horas después de que habían comido. Sin embargo, se consideró que no era un obstáculo esta situación ya que se iba a partir de un nivel de referencia. Es decir, el primer monitoreo se realizó antes de que ingirieran la bebida para que se empezara a contar el tiempo justo al momento de que consumieron la bebida, de ahí se contaron 30 minutos para realizar el segundo monitoreo que mostraría el cambio del nivel de glucosa. Los 30 minutos se establecieron a partir del barrido que se hizo anteriormente.

RESULTADOS

GRÁFICA 1. Barrido de niveles de glucosa



Se observó que el máximo de elevación de glucosa en la persona voluntaria ocurrió a los 30 minutos. Por lo que fue este tiempo el que se utilizó para monitorear a los 10 voluntarios en el estudio.

El gráfico muestra el cambio en el nivel de glucosa para cada persona participante después de haber ingerido la bebida azucarada. Se observa que en la mayoría de las personas hubo un aumento en su nivel de glucosa desde las 8 hasta las 24 unidades (mg/dl). Pero hubo tres personas en donde se encontró un descenso en su nivel.

Al consumir la bebida “sin azúcar” la tendencia fue que los niveles de glucosa de las personas descendieron, salvo en cuatro casos, en donde en dos de ellos se observan elevaciones significativas de 18 y 40 unidades (mg/dl).

DISCUSIÓN

A partir de los resultados se realizó un análisis con apoyo de una investigación en la literatura, encontrando que hay una variable que no considerada en el estudio y que es inherente a cada persona participante. Existe algo conocido como glucemia postprandial. “Según la Asociación Americana de Diabetes (ADA), la glucemia postprandial (GPP) se define como la concentración de glucosa plasmática después de las comidas” (Benítez *et al.*, 2015). “La glucemia postprandial depende de diversos factores incluyendo el tipo de comida, los mecanismos de absorción y variaciones propias de cada individuo” (Departamen-

GRÁFICA 2. Diferencia en los monitoreos después de haber consumido una bebida azucarada.



GRÁFICA 3. Diferencia en los monitoreos después de haber consumido una bebida “sin azúcar”.



to de Fisiología/UNAM, 2022). Por otro lado, los resultados de la ingesta de bebidas “sin azúcar” coincide con la información de un estudio en el que se expone que los niveles de glucosa de las personas o se elevaron, disminuyeron o se mantuvieron (Samudio *et al.*, 2022).

CONCLUSIONES

A pesar de que se intentó realizar el estudio controlando el mayor número de variables posibles, se detectaron algunas que no fueron posibles de controlar, como la glucemia postprandial, que depende de cada persona. Por lo que no es posible generalizar el efecto en los niveles de glucosa en las personas debido a la ingesta de bebidas “sin azúcar”. Es decir, hay variables independientes en el organismo de cada persona al metabolizar este tipo de bebidas.

Adicionalmente se analizó el hecho de que las personas participantes habían ingerido alimentos, por lo que se propone como expectativa para la mejora del estudio realizar los monitoreos con un promedio de 8 horas de ayuno.



REFERENCIAS

- Benítez, A., Benítez, G., Barriocanal L., Bueno, E., Caballero, A., Cañete, F., Jiménez J., Logwin, S., Menoni, C., Palacios, M., Valinotti, E. y Veja, R. (2015). Importancia del control glucémico posprandial en el paciente con diabetes mellitus tipo 2. *Anales de la Facultad de Ciencias Médicas*; 48(1), 83-100. <http://scielo.iics.una.py/pdf/anales/v48n1/v48n1a08.pdf>
- GlucoFitness (29 de julio de 2023). ¿Sin Azúcar? *Sprite Zero, Fanta Zero, Coca-Cola Zero, Limon Soda Zero*. [Archivo de video]. https://www.youtube.com/watch?v=_hpyjulQvhs&t=566s
- Departamento de Fisiología/UNAM. (2022). Índice glucémico. Metabolismo y control de la glucemia. <https://fisiologia.facmed.unam.mx/index.php/2022/02/>
- Samudio, V., Samudio, I., Silva, E., Torres, J., Vega, G., Zaracho, M., Zárate, A. y Vera, A. (2022). Influencia de las bebidas gasificadas endulzadas con azúcar y las endulzadas con edulcorantes en la glucemia de los estudiantes del primer curso del año 2023 de la carrera de medicina de la Universidad Nacional de Asunción. *Revista Paraguaya de Biofísica*. 2(2), 40-43. <https://revistascientificas.una.py/index.php/rp/b/article/view/3724>



CONSECUENCIAS DEL TIEMPO DE EXPOSICIÓN A LA RADIACIÓN ULTRAVIOLETA EN LA DECOLORACIÓN DE LAS HOJAS DE PLANTAS VERDES

ADRIANA JARAMILLO ALCÁNTAR
(NAUCALPAN)
AMANDO RAMÍREZ FUENTES
(ENP 2)

RESUMEN

Esta investigación analiza la relación entre el tiempo de exposición a la radiación ultravioleta (UV) y la decoloración en cuatro especies de plantas: acelga, espinaca, duranta golden y pasto. Se diseñó un experimento donde las plantas fueron expuestas a radiación UV por 20 y 40 horas, midiendo la luminosidad en el espacio de color HSL (matiz, saturación y luminosidad, por sus siglas en inglés). Se observó que la acelga, la espinaca y la duranta incrementaron su luminosidad con mayor exposición, mientras que el pasto mostró una disminución en luminosidad. Estos resultados sugieren implicaciones en la morfología y los procesos metabólicos de las plantas, con aplicaciones en biología vegetal, conservación de alimentos y técnicas fotográficas como la clorotipia.

INTRODUCCIÓN

La exposición a la radiación UV es un factor determinante en la decoloración de diversos materiales orgánicos, incluidos los vegetales. La radiación UV, que forma parte del espectro electromagnético, posee energía suficiente para romper enlaces químicos en los pigmentos vegetales, provocando la pérdida de color. (Carrasco Ríos, 2009). Este fenómeno tiene implicaciones estéticas, comerciales y científicas. La hipótesis de este estudio plantea que un mayor tiempo de exposición a la radiación UV aumenta la decoloración en las hojas de acelga, espinaca, duranta golden y pasto. Los resultados pueden tener aplicaciones prácticas en la agricultura, al ayudar a desarrollar cultivos más resistentes, y en el ámbito artístico, particularmente en técnicas fotográficas como la clorotipia, en la cual es posible sustituir el papel fotográfico con base en plata gelatina por hojas vegetales verdes naturales (Torres Canela y Gurieva, 2024).

OBJETIVOS

General

Determinar la relación entre el tiempo de exposición a la luz ultravioleta (UV) y la decoloración en las hojas de acelga (*Beta vulgaris*), espinaca (*Spinacia oleracea*), duranta golden y pasto (*Paspalum tenellum*).

Particulares

- Cuantificar la luminancia de las hojas antes y después de la exposición a la radiación UV por 20 y 40 horas, utilizando la escala HSL.
- Comparar los cambios en la luminancia de las hojas expuestas a radiación UV artificial y natural.
- Analizar las variaciones en la decoloración según la especie vegetal.

HIPÓTESIS

Existe relación proporcional entre el tiempo de exposición a la radiación UV y la decoloración de las hojas de acelga, espinaca, duranta golden y pasto.

VARIABLES

- Independiente: tiempo de exposición a radiación UV.
- Dependiente: decoloración de las hojas.

MATERIALES Y MÉTODOS

- Materiales.

CANTIDAD	MATERIAL
32	Portaobjetos.
1	Lámpara UV con 300 LED's de 12V y 24W, 385-400 nanómetros (nm).
1	Analizador de datos CASIO EA-200.
16	Hojas de: Acelga, Espinaca, Duranta Golden, pasto. (4 de cada una).
1	Caja de exposición con lámpara UV.
16	Ligas.
16	Escalas de densidad de grises.

- Métodos.

a. Selección de plantas:

- Recolectar cuatro hojas de cada especie, asegurando que sean de tamaño y condición similares.

b. Montaje de muestras:

- Utilizar dos portaobjetos para cada hoja de planta, colocando la hoja entre los portaobjetos.
- Colocar una escala de grises junto a cada muestra para facilitar la comparación de la decoloración.
- Sujetar los portaobjetos con ligas para asegurar que las hojas y las escalas grises se mantengan en posición durante el experimento.

EXPOSICIÓN A LA RADIACIÓN UV

- a. Preparación de la caja de exposición:
 - Colocar las muestras de hojas en la caja de exposición con la lámpara.
 - Disponer uniformemente las hojas para recibir la exposición a la radiación UV.
- b. Preparación de muestras a exponer a la luz solar:
 - Colocar las muestras en un soporte rígido para exponerse en exterior a plena luz solar.
- c. Protocolos de exposición:
 - Dividir en dos grupos: uno expuesto a la radiación UV durante 20 horas y otro durante 40 horas.
 - Registrar el tiempo de exposición por grupo.
 - Registrar mediciones de luminancia en escala HSL para cada hoja de planta.

RESULTADOS

FIGURA 1. Relación tiempo de exposición UV y luminancia en diversas plantas.

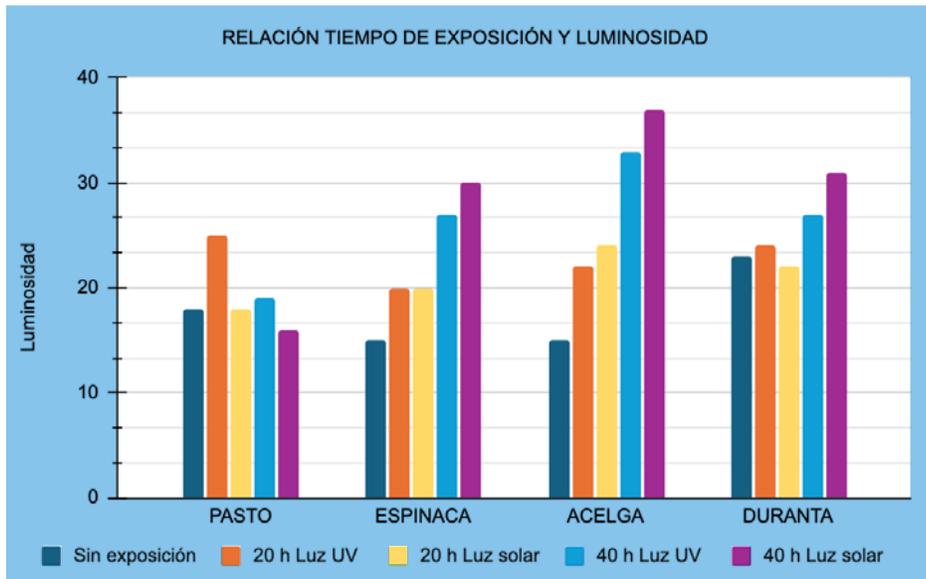
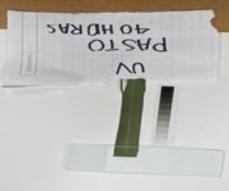


TABLA 1. Luminosidad en diversas hojas de plantas expuestas a diferentes tiempos de exposición UV

TIPO DE HOJA	40 HORAS DE EXPOSICIÓN		
	SIN EXPONER	LÁMPARA UV	LUZ SOLAR
Acelga			
Espinaca			
Duranta			
Pasto			

DISCUSIÓN

De acuerdo con la figura 1 y la tabla 1, la luminancia de espinaca y acelga aumentó significativamente al exponerse a la radiación UV, especialmente tras 40 horas. La espinaca aumentó de 15 a 27 y 30 tras la exposición a luz de lámpara UV y solar, respectivamente. La acelga incrementó

de 15 a 33 y 37 bajo las mismas condiciones. La duranta mostró un aumento en luminancia, de 23 a 27 y 31 tras 40 horas de exposición.

En contraste, el pasto se comportó diferente, al cambiar su luminancia de 18 a 19 y 16 tras 40 horas de exposición a luz de lámpara UV y solar, respectivamente. Este comportamiento se atribuye a la diferencia en el tipo de fotosíntesis: el pasto es una planta C4, mientras que las otras son C3. Las plantas C4 tienen adaptaciones especiales para fotosíntesis en alta irradiación y temperatura, lo que influye en su respuesta a la luz UV. (Kosobryukhov, Khudyakova, y Kreslavski 2020).

Las hojas de acelga y espinaca aumentaron su luminancia, sugiriendo pérdida de clorofila y daño en las estructuras fotosintéticas. La duranta golden mostró una respuesta similar. El método de experimentación paralelo redujo el sesgo de error, aunque los resultados solo se replicaron una vez.

CONCLUSIONES

La exposición a la radiación UV afecta significativamente la decoloración de las hojas de diferentes especies vegetales. Estos hallazgos son consistentes con estudios previos sobre la fotodegradación de la clorofila (Hussain *et al.*, 2023).

Los experimentos, aunque no se realizaron por triplicado, proporcionaron resultados coherentes. Las mediciones de luminancia permitieron cuantificar los cambios en la coloración de las hojas, ofreciendo un primer acercamiento valioso para entender cómo la radiación UV afecta la morfología y los procesos metabólicos de las plantas.



REFERENCIAS

- Carrasco Ríos, L. (2009). Efecto de la radiación ultravioleta-B en plantas. *Idesia*, 27(3), 59-76.
- Hussain, M. B., Al-Hadidi, S. H., Erfanian, M. B., Yahia, M. N. D., Mullungal, M. N., Alsafran, M. y Alatalo, J. M. (2023). Photodegradation and its effect on plant litter decomposition in terrestrial ecosystems: a systematic review. *Soil Systems*, 7(1), 6.
- Kosobryukhov, A., Khudyakova, A. y Kreslavski, V. (2020). Impact of UV radiation on photosynthetic apparatus: adaptive and damaging mechanisms. [555-576]. *Plant Ecophysiology and Adaptation under Climate Change: Mechanisms and Perspectives I: General Consequences and Plant Responses*. 555-576.
- Torres Canela, O. y Gurieva, N. (abril de 2024). Fotografía impresa al natural: la clorotipia como procedimiento alternativo de impresión de imágenes en plantas. *Zincografía*, 8(15).

COMPARACIÓN DEL PROCESO METABÓLICO DE LA LEVADURA *SACCHAROMYCES* *CEREVISIAE*

CON AZÚCAR ORGÁNICA DE COCO
Y CON JARABE DE MAÍZ
CON ALTO CONTENIDO
DE FRUCTOSA A PARTIR
DE LA PRODUCCIÓN DE CO₂

INSTITUTO DE
FISIOLOGÍA UNAM

CURSO
EXPERIMENTA
2024

GABINO JAVIER ÁNGELES CALDERÓN
(ENP 3)
CLAUDIA MOLINA REYES
(NAUCALPAN)
REGINA RODRÍGUEZ LÓPEZ
(ENP 6)

RESUMEN

Se comparó la actividad metabólica de distintas cantidades de levadura *Saccharomyces cerevisiae* en dos sustratos diferentes, uno de azúcar orgánica de coco y otro de jugo de granada comercial endulzado con jarabe de maíz con alto contenido de fructosa (JMCAF) se observó que dicha actividad fue mayor en el primer sustrato. La mezcla se realizó con 20, 30 y 50 ml de levadura con sustratos de 50 ml de azúcar orgánica y JMCAF en probetas que se cubrieron con globos, los cuales al inflarse sirvieron como indicador de la producción de CO₂ en cada caso.

A través de las mediciones del volumen de los globos, en distintos intervalos de tiempo: 30, 40 y 80 minutos, se observó que en distintas concentraciones la mezcla de levadura tuvo mayor producción de CO₂ con azúcar orgánica, en comparación con el sustrato de JMCAF. Por lo tanto, se concluye que el metabolismo de la levadura es más rápido con azúcar orgánica.

INTRODUCCIÓN

En nuestros días, persiste el debate sobre el consumo indiscriminado de alimentos ultraprocesados en la dieta humana, específicamente en la dieta occidental.¹ En el caso de los alimentos ultraprocesados y en especial de las bebidas azucaradas, el uso del JMCAF como edulcorante y sustituto del azúcar de caña por su bajo costo de producción, es un punto medular en los debates. Distintos estudios señalan que el consumo excesivo de este producto está asociado a distintos padecimientos, como obesidad, dislipidemia, hígado graso, resistencia a la insulina, diabetes tipo 2, gota e, incluso, alergias (Bellaera *et al.*, 2021; Ponce *et al.*, 2021). El JMCAF se encuentra en alimentos y bebidas industrializadas como productos elaborados con harina, golosinas, catsup, bebidas, cereales, productos lácteos, etc. (Ponce *et al.*: 39-40).

¹ De acuerdo con Ponce *et al.* "la dieta occidental se caracteriza por un alto consumo de alimentos procesados ricos en grasas saturadas, ácidos grasos trans, sodio, así como un consumo excesivo de azúcar" (2021: 39).

En este marco, el presente trabajo se abocó a medir y comparar la eficacia energética del azúcar orgánica de coco y del JMACF en levadura. El desarrollo de este experimento fue posible con docentes en las áreas de Biología, Matemáticas y Ciencia Política, cada uno indicó las variables a controlar buscando una respuesta sobre el consumo de alimentos industrializados. La investigación se concentró en comparar el metabolismo de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* con azúcar orgánica de coco y JMACF.

Se revisaron antecedentes del estudio comparativo entre el consumo de glucosa y fructosa como fuente de carbohidratos en personas, encontrando que grandes cantidades de esta última produce hiperfagia, es decir, insuficiencia para satisfacer el hambre (Pardío, 2021), entonces su consumo, para quienes prefieren productos que no requieren preparación y son fáciles de adquirir, podría exceder la ingesta de esta fuente de alimentación, sin conocer las consecuencias, además de que con el tiempo podría repercutir en su salud. Aunque existen muchas diferencias entre ambas especies, esta información es el antecedente para buscar si hay diferencias en la producción de CO_2 , mezclando la levadura en dos sustratos diferentes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención de la levadura y sustratos: *Saccharomyces cerevisiae* es también conocida como levadura del pan, vendido en cajas con 5 sobres de 11 g cada uno, azúcar orgánica de coco y jugo en Tetra Pak, que se obtienen fácilmente en cualquier punto de venta. Con los materiales, incluyendo el equipo de laboratorio, se procedió a calentar agua destilada a 25 °C, temperatura en que la levadura se activa.

Se prepararon seis probetas de 100 ml donde se mezclaron 20, 30 y 50 ml de levadura diluida con 50 ml de jugo con JMACF y en otra mezcla 50 ml de azúcar diluida en agua destilada. Como testigo se utilizó la levadura diluida en agua. Se colocó un globo en cada probeta y en diferentes tiempos se midió con el vernier la altura y diámetro de cada globo para calcular el volumen que adquiere a partir del CO_2 liberado.

Se concluyeron las mediciones a la hora con veinte minutos, registrando el volumen final de CO_2 .

RESULTADOS

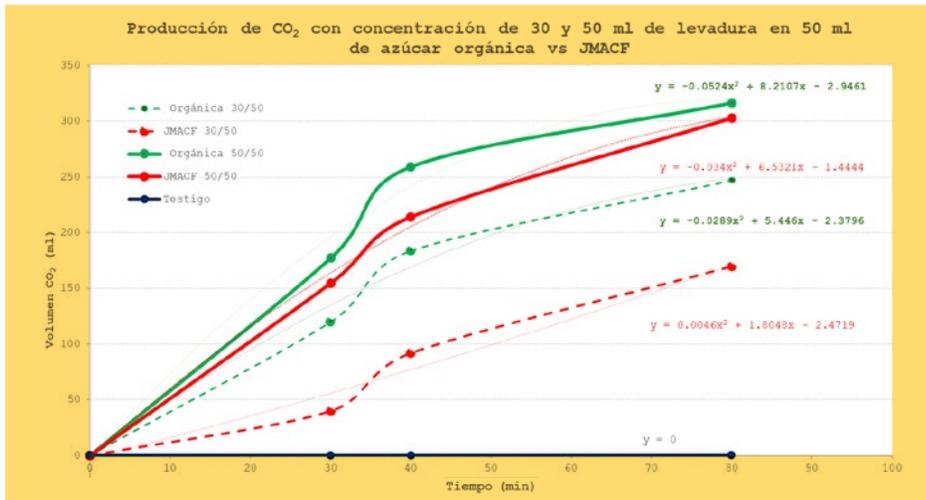
Al paso de los diferentes intervalos se observó mayor producción de CO_2 con el azúcar orgánica que con el JMACF, agregando 30 ml o 50 ml de levadura. Lo anterior fue evidente desde la apreciación de los dispositivos montados, ya que uno de los globos se inflaba más que el otro en cada caso (figura 1.)

FIGURA 1. Imágenes del proceso de observación y de medición del volumen de los globos a lo largo de 80 minutos. El líquido amarillo corresponde al azúcar orgánico y el rojo al jugo con JMACF, se puede observar mayor liberación de gas en el líquido amarillo, así como la espuma proveniente de la fermentación.



Esa observación fue corroborada al medir con un vernier los globos y al elaborar con esos datos, una gráfica que arrojó los resultados que se ven en la figura 2.

FIGURA 2. Gráfica que representa la producción de CO₂ de levaduras respecto al tiempo.



En la tabla de la figura 3 sustituimos los valores del tiempo en la función que representa la línea de tendencia y se encontró que es mayor la producción de CO₂ en el azúcar orgánico. Al calcular la derivada, obtenemos otra función que representa la pendiente o el incremento de la producción de CO₂. El testigo sólo contiene levadura, observando en este un comportamiento constante sin producción de CO₂, por lo tanto, de pendiente nula.

FIGURA 3. Tabla de modelo matemático que representa la función de la curva del comportamiento de producción de CO₂ de la levadura y el cálculo de la derivada.

TIEMPO	PRODUCCIÓN DE CO ₂ (MIL)		DERIVADA - PENDIENTE DE LA TANGENTE	
50 Levadura / 50 Azúcar	Azúcar Orgánica	Azúcar Industrial	Azúcar Orgánica	Azúcar Industrial
x (t [min])	$y = -0.0524x^2 + 8.2107x - 2.9461$	$y = -0.034x^2 + 6.5321x - 1.4444$	$y' = -0.1048X + 8.2107$	$y' = -0.068X + 6.5321$
30	196	164	5	4
40	242	205	4	4
50	277	240	3	3
60	301	268	2	2
70	315	289	1	2
80	319	304	0	1
90	312	311	-1	0
100	294	312	-2	0
30 Levadura / 50 Azúcar	Azúcar Orgánica	Azúcar Industrial	Azúcar Orgánica	Azúcar Industrial
x (t [min])	$y = -0.0289x^2 + 5.446x - 2.3796$	$y = -0.0046x^2 + 1.8048x - 2.4719$	$y' = -0.0578X + 13.077$	$y' = -0.0092X + 1.8048$
30	135	48	5	2
40	169	62	4	1
50	198	76	4	1
60	220	89	4	1
70	237	101	3	1
80	248	112	3	1
90	254	123	3	1
100	253	132	3	1
30 Levadura	Testigo		Pendiente	
x (t [min])	y = 0		y' = 0	
60	0		0	
100	0		0	

DISCUSIÓN

El mayor volumen de los globos está relacionado a una mayor producción de CO_2 por parte de las levaduras, al ser un producto de desecho de su metabolismo, es decir, que la mayor cantidad de levaduras (50 ml), pudo degradar mayor cantidad de carbohidratos del azúcar orgánica de coco que de la fructosa contenida en el otro sustrato, obteniendo, en el primer caso, mayor cantidad de energía. Teniendo en cuenta lo que ocurre en el metabolismo humano, hay una coincidencia en cuanto a las recomendaciones alimentarias para preferir el consumo de glucosa ante el de fructosa (contenida en el JMACF).

CONCLUSIONES

1. La industria busca hacer más con menos, para satisfacer a la población, así como la población busca simplificar su modo de vida consumiendo lo que tiene a la mano, sin embargo, la salud se puede ver afectada por el uso desmedido de productos ultra-procesados.
2. Las levaduras proporcionan un excelente modelo para estudios biológicos, con este sencillo experimento se puede comprobar que la ganancia energética es mayor a partir de un producto como el azúcar orgánica de coco.
3. A pesar de que las levaduras son hongos unicelulares, su metabolismo es heterótrofo como en los seres humanos, de ahí que pueda resultar útil esta comparación, sin embargo se deben tomar en cuenta todos los aspectos de ambos tipos de organismos para no caer en generalizaciones erróneas.



REFERENCIAS

- Bellaera, F. Hammerschmidt, J., Sanz, J., Zaccarello, D. y Beccio, B. (2021). Jarabe de Maíz de alta fructosa, sus implicancias en la salud y la información disponible en el rotulado de los alimentos, *Revista Nutrición Investigada*, https://repositorioubu.sisbi.uba.ar/gsd/cgi-bin/library.cgi?e=d-10000-00---off-0nutrin-00-2---0-10-0---0---0direct-10---4-----0-11-10-es-Zz-1---20-about---00-3-1-00-00--4---0-0-01-00-0utfZz-8-00&a=d&c=nutrin&cl=CL1.2&d=v0l4_no1-4_1_3_html
- El Poder del Consumidor (2024), Estudio de caso: Nestlé en México y su impacto en las políticas públicas, *El Poder del Consumidor*, <https://elpoderdelconsumidor.org/wp-content/uploads/2024/08/d-2408-smlm-hoja-informativa-nestle-en-mexico-y-su-impacto-en-politicas-publicas.pdf>
- Gonzalez [sic], A. y Valenzuela, (2002). L. "Saccharomyces cerevisiae". En Martínez, E. y Martínez, J. Microbios en línea. <http://www.biblioweb.tic.unam.mx/libros/microbios/Cap16/>
- Pardío, J. (7 de enero de 2021). Jarabe de maíz con alto contenido de fructosa; a propósito de los cambios de hábitos alimentarios. *Alimentación para la salud*. <https://alimentacionysalud.unam.mx/jarabe-de-maiz-con-alto-contenido-de-fructosa-a-proposito-de-los-cambios-de-habitos-alimentarios/>
- Patiño, C. (2017). Rehidratación de levaduras secas activas. Efectos de la glucosa en la solución de rehidratación. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Cuyo]. https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/8560/tesis-brom.-patio-claudia-2017.pdf
- Ponce M., Zarco, A., Robles, A. y Cardoso, M. (2021). Consumo de fructosa y sus implicaciones para la salud. *Revista de Medicina e Investigación UAEMéx*, <https://medicinainvestigacion.uaemex.mx/article/view/18857>
- Suárez Machín, C., Garrido Carralero, N. A., y Guevara Rodríguez, C. A. (2016). Levadura *Saccharomyces cerevisiae* y la producción de alcohol. *Revisión bibliográfica. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 50(1), 20-28. <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223148420004.pdf>

EFECTO DE LA LONGITUD DE ONDA LUMINOSA SOBRE EL CRECIMIENTO DE LA ALFALFA (*MEDICAGO SATIVA*)

JIMENA XANAT ALVARADO GONZÁLEZ
(ENP 5)
FÁTIMA PAOLA CASTRO CANARIOS
(DGCCH)
FRANCISCO JAVIER ISLAS JIMÉNEZ
(VALLEJO)

RESUMEN

El presente experimento se realizó con plántulas de alfalfa para observar el efecto de la longitud de onda luminosa (azul, verde o roja) sobre el crecimiento del germinado de esta planta.

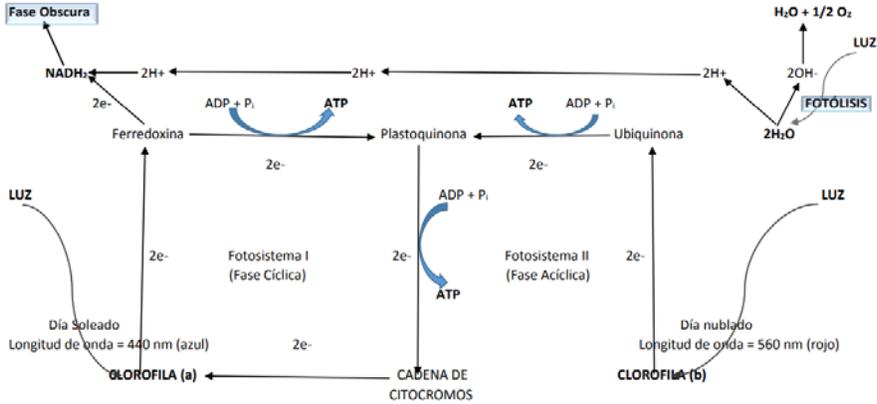
El proceso consistió en sembrar, dentro de cajas de cartón cerradas, 48 plántulas de alfalfa provenientes de un mismo cultivo. Los cultivos fueron sometidos a diferentes longitudes de onda: uno a 460 nanómetros (nm) –que es la luz de color azul–; otro a 520 nm (luz de color verde) y otro a 650 nm (luz de color rojo), siendo la luz blanca el experimento testigo, con longitudes de onda entre 400 y 700 nm. A cada caja se colocaron diez diodos emisores de luz (ledes), la intensidad de la luz fue controlada a 10.5 lúmenes. La temperatura ambiente registrada fue constante con 23 °C durante el experimento.

El análisis de resultados se realizó con estadística descriptiva, encontrando diferencias significativas en el crecimiento de cada plántula. Los promedios obtenidos en el crecimiento de las plántulas fue: para la luz azul 1.47 mm, para luz verde, 0.61 mm y para luz roja 0.19 mm, y que el testigo con luz blanca fue de 1.44 mm. En conclusión, podemos decir que la luz azul estimuló un mayor crecimiento a las plántulas de alfalfa, muy cercano a la luz blanca del experimento testigo, por lo que ésta se recomienda para los cultivos en invernadero.

INTRODUCCIÓN

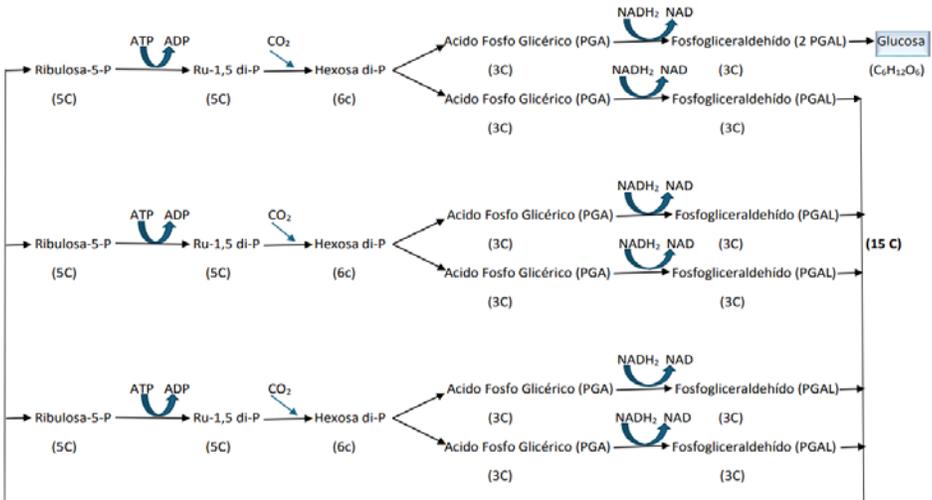
La fotosíntesis es un proceso fundamental para la vida sobre la tierra, especialmente para las plantas verdes. Cada año los organismos con capacidad fotosintética convierten en carbohidratos más del 10% del dióxido de carbono atmosférico (Carril, 2011). Para este experimento, decidimos comprobar cómo afectan las diferentes longitudes de onda de la luz al crecimiento de las plantas, puesto que la calidad de luz afecta al proceso de fotosíntesis en las plantas (OpenStax, s/f). Determinadas longitudes de onda luminosas son fundamentales para el crecimiento de las plantas cultivadas en sistemas de invernadero, puesto que de ello depende la estimulación de la clorofila, la cual participa directamente en el fotosistema I (Sistema cíclico) para la producción de ATP, puesto que durante la fase oscura de la fotosíntesis participa en la producción de glucosa y, por ende, en el desarrollo vegetal (esquema 1).

ESQUEMA 1. Fotosíntesis (fase luminosa) (en los tilacoides del cloroplasto).



Asimismo, la producción de ATP y de NADH₂ durante el fotosistema II, de la fase luminosa, es esencial para el crecimiento de las plantas, puesto que la energía luminosa de los dos fotosistemas es transformada en energía química, a través de los enlaces químicos del carbono con el hidrógeno en la molécula de glucosa (esquema 2).

ESQUEMA 2. Ciclo de Calvin-Benson (fase oscura) (estroma del cloroplasto).



OBJETIVO

Conocer el efecto de diferentes longitudes de onda luminosas sobre el crecimiento de los germinados de alfalfa (*Medicago sativa*), determinadas por la cantidad de energía que contiene la luz de color azul, verde y roja.

HIPÓTESIS

Si en el espectro luminoso de la luz visible la longitud de onda que es menor posee mayor cantidad de energía dada su frecuencia, entonces, la luz azul que presenta longitudes de onda menores a las de la luz verde y roja contendrá mayor cantidad de energía, por lo que el crecimiento de las plantas de alfalfa será mayor.

MATERIALES

48 plántulas de alfalfa	4 cajas de cartón
400 gr de tierra negra	4 platos de unicel
Agua de la llave	1 extensión eléctrica
1 vaso de precipitados de 100 ml	1 multi-contacto
40 ledes (diodos emisores de luz)	1 cutter
4 controles de longitud de onda	1 tijeras
4 termómetros	1 cinta canela (adhesiva)
1 regla vernier digital	4 marcadores de colores
1 Casio ClassPad 300, medidor de intensidad luminosa	1 atomizador

PROCEDIMIENTO

1. Se colocaron en cada caja de cartón 12 plántulas de germinado de alfalfa en 100 gramos de tierra de maceta.
2. Se humedeció la tierra con 100 ml de agua de la llave.
3. Cada caja tuvo 10 diodos emisores de luz.
4. Con el control de longitud de onda se seleccionó el color de luz de los diodos, azul en la caja 1, verde en la caja 2, rojo en la caja 3, y luz blanca en la caja 4 (imagen 1).
5. La temperatura de cada caja fue la del ambiente y se registró periódicamente, colocando un termómetro interno en cada cultivo. Se midió la temperatura interna de cada caja con el termómetro, antes de encender los diodos y 30 minutos después de encenderlos, para conocer el efecto calórico de los diodos encendidos.

IMAGEN 1. Ilustración del orden de las cajas.



6. Con Casio ClassPad 300 se controló la intensidad de la luz a 10.5 lúmenes.
7. Al inicio del experimento, se midió cada plántula con un vernier digital, desde el límite de la tierra hasta las dos hojas verdes en el extremo de la plántula.
8. Al siguiente día se midieron las plántulas y se calcularon las diferencias de su tamaño en milímetros.
9. Se mantuvieron encendidos los diodos desde las 16:00 horas hasta las 19:00 horas, se apagaron los diodos al salir del laboratorio, para brindarles un periodo de obscuridad a las plántulas, encendiéndolas a las 15:00 horas del siguiente día.

RESULTADOS

Se realizaron tres mediciones, la primera fue al inicio del experimento (T1), la segunda medición fue 20 horas después (T2), la tercera medición fue 44 horas después (T3) y la última fue a las 48 horas.

LUZ BLANCA		
	PRIMERA	SEGUNDA
1	20.50	20.64
2	29.60	31.63
3	25.72	26.41
4	32.94	35.15
5	34.33	37.93
6	33.87	36.59
7	25.88	26.69
8	33.00	34.17
9	29.11	29.39
10	21.54	21.51
11	22.40	25.60
12	22.60	24.06

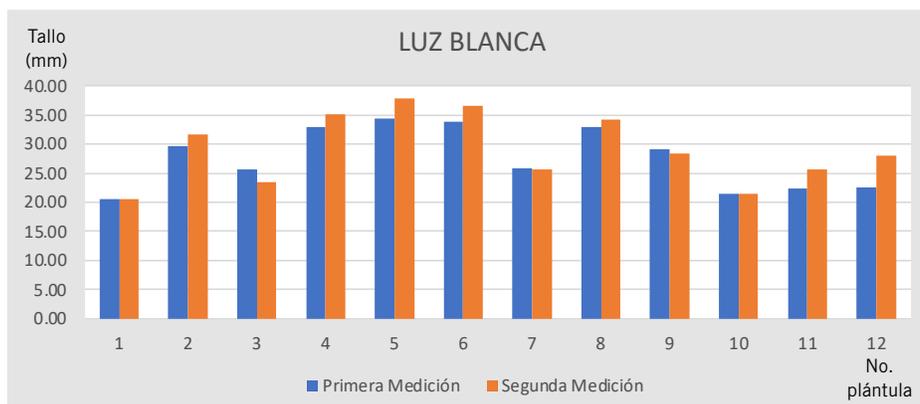
Diferencia promedio de crecimiento de tallo entre la primera y segunda medición es de: 1.44 mm



Como podemos observar hubo cambios en el tamaño de las plántulas. La luz blanca al ser transmisora de las 7 longitudes de onda del espectro de luz visible, fungió como testigo dentro del experimento.

GRÁFICO 1. Comportamiento de las plántulas bajo la longitud de onda blanca

PROMEDIO	27.62	29.06
DESVIACIÓN	4.95	5.70
VARIACIÓN	0.18	0.20

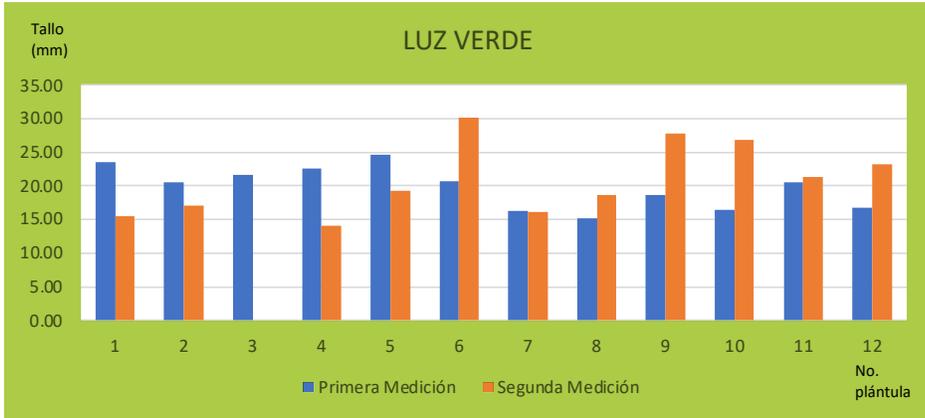


LUZ VERDE		
	PRIMERA MEDICIÓN	SEGUNDA MEDICIÓN
1	23.58	15.52
2	20.45	17.09
3	21.60	0.00
4	22.62	14.09
5	24.63	19.28
6	20.67	30.13
7	16.22	16.15
8	15.17	18.62
9	18.65	27.78
10	16.39	26.78
11	20.49	21.29
12	16.69	23.17

PROMEDIO	19.7633	19.16
DESVIACIÓN	2.99061	7.60
VARIACIÓN	0.15	0.40

Diferencia promedio de crecimiento de tallo entre la primera y segunda medición es de: 0.61 mm





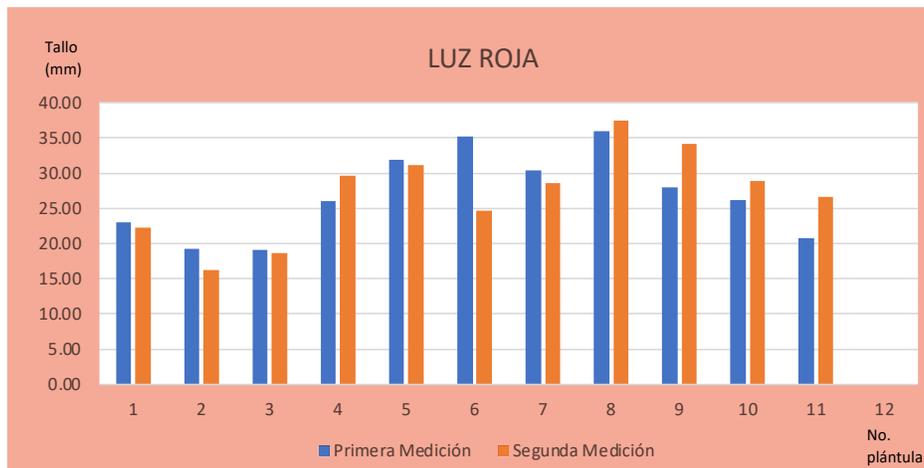
Para la luz roja, una plántula se murió, pues no soportó el trasplante y para la segunda medición se colocó 0.

LUZ ROJA		
	PRIMERA	SEGUNDA
1	23.02	22.21
2	19.24	16.18
3	19.17	18.64
4	26.09	29.57
5	31.91	31.21
6	35.24	24.62
7	30.46	28.54
8	35.95	37.50
9	27.98	34.16
10	26.17	28.92
11	20.78	26.63
12	0.00	0.00

PROMEDIO	26.91	27.11
DESVIACIÓN	9.25	9.49
VARIACIÓN	0.34	0.35

Diferencia promedio de crecimiento de tallo entre la primera y segunda medición es de: 0.19 mm





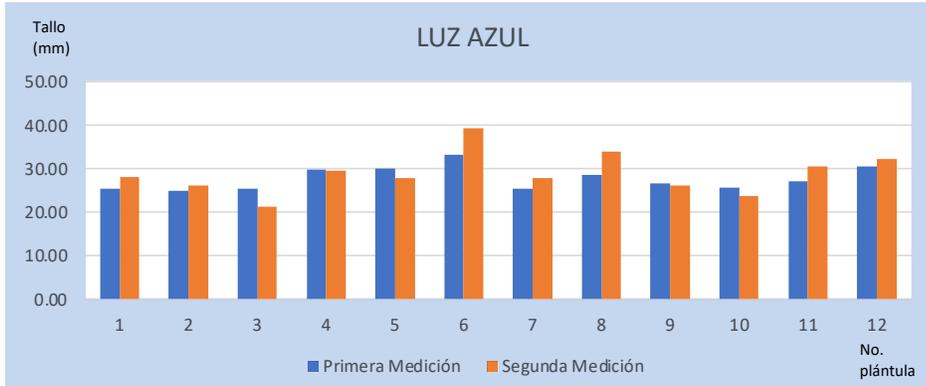
Para la luz azul, los resultados en el crecimiento de las plántulas fueron.

LUZ AZUL		
	PRIMERA	SEGUNDA
1	25.34	28.00
2	24.97	26.11
3	25.48	21.39
4	29.86	29.66
5	30.15	27.84
6	33.12	39.28
7	25.38	27.84
8	28.52	34.03
9	26.71	26.15
10	25.65	23.65
11	27.02	30.60
12	30.56	32.34

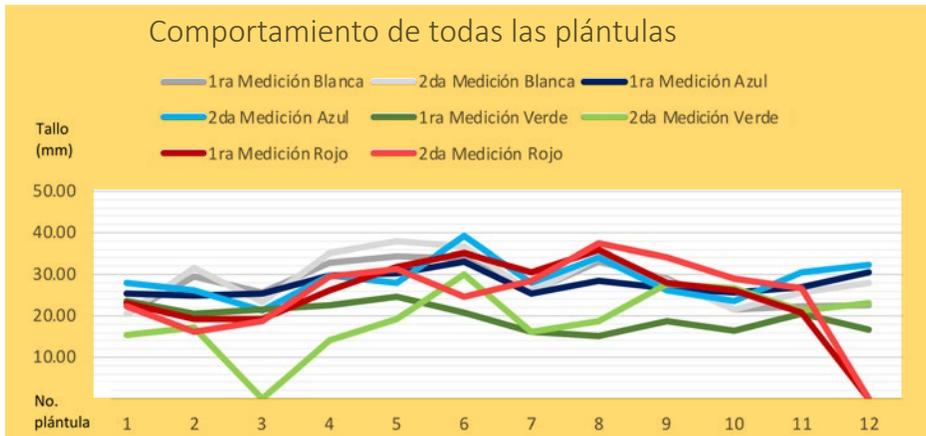
PROMEDIO	27.73	28.91
DESVIACIÓN	2.547286	4.58
VARIACIÓN	0.09	0.16

Diferencia promedio de crecimiento de tallo entre la primera y segunda medición es de: 1.47 mm





La frecuencia de la longitud de onda azul (460 nm) produjo el crecimiento mayor.



CONCLUSIONES

Podemos decir que la hipótesis propuesta es aceptada, ya que la luz azul estimuló un mayor crecimiento de las plántulas de alfalfa, luego la luz roja y en tercer lugar la luz verde, lo cual se puede sugerir para

aplicarlo a los cultivos de invernadero, pues la cantidad de energía que posee cada longitud de onda se ve reflejada en la producción vegetal, con lo que se cumplió con el objetivo planteado.



REFERENCIAS

- Carril, E. P. U. (2011). Fotosíntesis: aspectos básicos. *Reduca (Biología)*, 2(3).
- Chen López, J. (2016). *La influencia de la luz en el crecimiento del cultivo*. <https://www.pthorticulture.com/es-us/centro-de-formacion/la-influencia-de-la-luz-en-el-crecimiento-del-cultivo>
- OpenStax College. (s/f). Reacciones de la fotosíntesis dependientes de la luz, de (CC BY 3.0). <http://cnx.org/contents/f829b3bd-472d-4885-a0a4-6fea3252e2b2@11>
- Philips, H., *et al.* (s/f). ¿Afecta la luz de diferente manera a plantas y personas? <https://www.lighting.philips.es/areas-aplicacion/specialist-applications/horticultura/hortiblog/light-and-growth/como-afecta-la-luz-a-plantas-y-personas>

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN VERDURAS DE HOJA VERDE: UN BIOINDICADOR DE LA CALIDAD Y EL MÉTODO DE CULTIVO

JOSEFINA LEAL QUIROZ

(ENP 2)

LEONARDO ROMÁN VARGAS PINEDA

(VALLEJO)

TAURINO MARROQUÍN CRISTÓBAL

(NAUCALPAN)

RESUMEN

Este estudio exploró la conductividad eléctrica como un posible bioindicador de la calidad y el método de cultivo en tres verduras de hoja verde comúnmente consumidas: apio, espinaca y lechuga. Se analizaron muestras cultivadas bajo tres sistemas: hidropónico, orgánico y convencional. Los resultados mostraron diferencias significativas en la conductividad eléctrica entre los diferentes sistemas de cultivo, sugiriendo que esta propiedad puede ser utilizada como una herramienta no destructiva para evaluar la calidad de los vegetales y distinguir entre los métodos de cultivo.

INTRODUCCIÓN

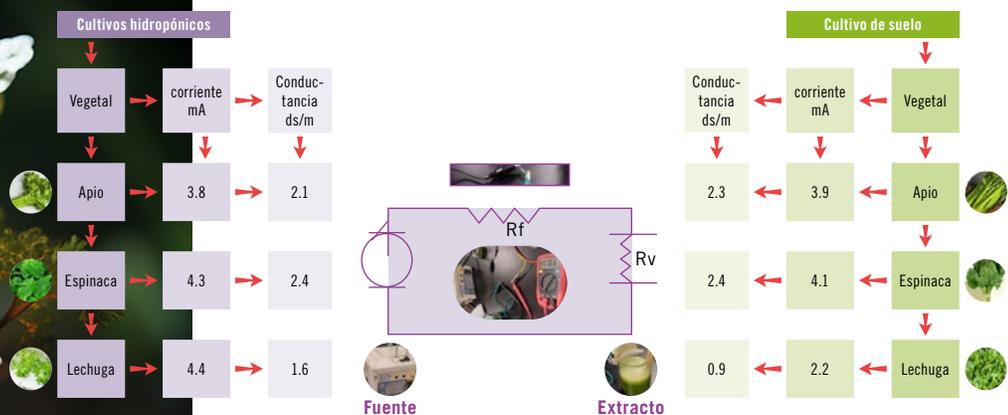
El objetivo de esta investigación es obtener los datos que permitan comparar la conductividad eléctrica entre diferentes sistemas de cultivo de vegetales de hojas verdes.

La conductividad eléctrica en tejidos vegetales, influenciada por la presencia de iones disueltos, como sales minerales y compuestos orgánicos, ha sido ampliamente estudiada como un indicador de la calidad y madurez de diversos productos agrícolas. Sin embargo, pocos estudios han explorado la conductividad eléctrica en relación con los diferentes métodos de cultivo. Los sistemas de cultivo, como la hidroponía, la agricultura orgánica y la convencional, influyen en la composición mineral y el contenido de agua de los vegetales. Los cultivos hidropónicos, por ejemplo, se caracterizan por una mayor concentración de nutrientes en la solución nutritiva, lo que podría afectar su conductividad eléctrica. Por otro lado, los cultivos orgánicos, al utilizar fertilizantes orgánicos y evitar los sintéticos, podrían presentar una menor conductividad eléctrica.

Una vez obtenidos los datos se evaluará la relación entre la conductividad eléctrica y otros parámetros de calidad, como el contenido de nitratos y el pH.

TABLA 1. Pregunta y resultados de corriente mA y conductancia ds/m

¿Quién tiene la mejor conductividad: un cultivo hidropónico o un cultivo en el suelo (tierra)?



MATERIALES

- Vegetales de hojas verdes (apio, espinaca y lechuga) de cultivo hidropónico, orgánico y de suelo.
- Báscula.
- Extractor de jugos.
- Voltímetro.
- 4 vasos de precipitado de vidrio (250 ml).
- Tiras indicadoras del pH.
- Circuito para medir conductividad (construido durante el estudio con: fuente de voltaje CD, electrodos (cobre y Zinc), multímetro y cables banana-caimán).
- Computadora personal con programa Excel y procesador de texto.
- Celular con cámara.

MÉTODOS

Se seleccionaron las especies: apio, lechuga y espinaca debido a que encontramos diferentes tipos de cultivo –hidropónico, orgánico y de suelo común– para analizarlos.

Se recopiló la información nutrimental y se seleccionaron muestras de apio, espinaca y lechuga de cultivos hidropónicos, orgánicos y convencionales. Se extrajo el jugo de cada muestra utilizando un extractor de jugos de baja velocidad para evitar la oxidación y se midió su conductividad eléctrica utilizando un conductímetro de alta precisión. Además, se determinó el pH utilizando un pHmetro.

Con esta información se pudo relacionar la conductividad eléctrica del medio de subsistencia directamente con la aportación nutrimental de cada cultivo, por ello, se realizó un comparativo entre nuestros tres especímenes mediante sus respectivas tablas nutrimentales obtenidas del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA):

TABLA 2. Valores nutrimentales de las especies

The image displays three screenshots of USDA nutritional information for different vegetables. Each screenshot includes a title, a table of nutrients, a summary, and a list of common portion sizes.

- Espinacas (Spinach):**
 - Info. Nutricional:** Tamaño de la Porción: 1 taza. Por porción: Energía 35%, Proteína 0.97g, Carbohidratos 1.07g, Fibra 0.7g, Azúcar 0.73g, Grasa 0.57g, Grasas Saturadas 0.07g, Grasas Monoinsaturadas 0.07g, Grasas Poliinsaturadas 0.07g, Calcio 27g, Hierro 0.26g.
 - Resumen Nutrricional:** Cals 7, Grasa 0.12g, Carbh 1.09g, Prot 0.86g. Hay 7 calorías en Espinacas (1 taza). Desglose de Calorías: 12% grasa, 49% carbh, 39% prot.
 - Tamaño común de las porciones:** + 1 hoja: 2; + 1 taza: 7; + 100 g: 21; + 1 manojito: 19.
 - Tipos relacionados de Espinaca:** Espinaca Cocida (de Congelados), (sin Grasa Añadida en la Coccha); Espinacas Cocidas (Frescas); Espinaca; Espinaca (Picadas o Esteras, Congeladas); Espinaca (Drenadas, Entaladas).
- Lechuga (Lettuce):**
 - Info. Nutricional:** Tamaño de la Porción: 1 taza, con ralladura o picadura. Por porción: Energía 35%, Proteína 0.97g, Carbohidratos 1.07g, Fibra 0.7g, Azúcar 0.73g, Grasa 0.57g, Grasas Saturadas 0.07g, Grasas Monoinsaturadas 0.07g, Grasas Poliinsaturadas 0.07g, Calcio 27g, Hierro 0.26g.
 - Resumen Nutrricional:** Cals 8, Grasa 0.05g, Carbh 1.53g, Prot 0.5g. Hay 8 calorías en Lechuga (1 taza, con ralladura o picadura). Desglose de Calorías: 8% grasa, 71% carbh, 22% prot.
 - Tamaño común de las porciones:** + 1 hoja pequeña: 1; + 1 hoja mediana: 1; + 1 hoja grande: 2; + 1 taza, con ralladura o picadura: 8; + 1 porción (100 g): 8; + 100 g: 14.
 - Tipos relacionados de Lechuga:** Escalote de Verduras Blandas; Cos o Lechuga Romana; Lechuga Iceberg (Incluye los Anisillos); Lechuga Anisilla; Lechuga de Hoga Verde.
- Apio (Celery):**
 - Info. Nutricional:** Tamaño de la Porción: 1 tallo, medio (10 cm - 20 cm de largo). Por porción: Energía 35%, Proteína 0.97g, Carbohidratos 1.07g, Fibra 0.7g, Azúcar 0.73g, Grasa 0.57g, Grasas Saturadas 0.07g, Grasas Monoinsaturadas 0.07g, Grasas Poliinsaturadas 0.07g, Calcio 27g, Hierro 0.26g.
 - Resumen Nutrricional:** Cals 6, Grasa 0.07g, Carbh 1.19g, Prot 0.25g. Hay 6 calorías en Apio (1 tallo, medio). Desglose de Calorías: 9% grasa, 73% carbh, 17% prot.
 - Tamaño común de las porciones:** + 1 taza (10 cm de largo): 1; + 1 tallo, pequeño (10 cm de largo): 2; + 1 tallo, medio (10 cm - 20 cm de largo): 6; + 1 tallo, grande (20 cm - 30 cm): 9; + 100 g: 14; + 1 taza, picado: 14.
 - Tipos relacionados de Apio:** Apio; Apio Cocido.

Se pueden consultar las tablas nutrimentales en:

- <https://www.fatsecret.com.mx/calor%C3%ADasnutrici%C3%B3n/gen%C3%A9rico/espinacas>
- <https://www.fatsecret.com.mx/calor%C3%ADas-nutrici%C3%B3n/gen%C3%A9rico/lechuga>
- <https://www.fatsecret.com.mx/calor%C3%ADas-nutrici%C3%B3n/gen%C3%A9rico/apio>

Debemos considerar que si la conductividad eléctrica es muy alta se corre el riesgo de quemar las raíces o crear acumulaciones tóxicas en el cultivo.¹

TABLA 3. Procedimiento



1. Masar 100 g de cada ingrediente: apio, lechuga y espinaca, en sus diferentes variaciones de cultivo.



2. El circuito de alimentación eléctrica consta de una fuente de voltaje en corriente directa, una resistencia fija de 220 ohm, dos electrodos uno de cobre y otro de aluminio (sumergidos en el líquido extraído de cada verdura). Para la verificación de los valores se utilizó un multímetro digital.



3. Extracción del jugo (de 100 g) para la experimentación.



4. Medición de conductividad de cada uno de los extractos recién obtenidos.



5. Recolección de datos de conductividad en cada uno de los casos.

¹ [https://hydrocultura.com/blogs/noticias-agricultura-mexico/que-es-la-conductividad-y-como-se-mide#:~:text=La%20conductividad%20el%C3%A9ctrica%20\(CE\)%20es,nutrientes%20disponibles%20para%20sus%20plantas.&text=Cuando%20los%20nutrientes%20se%20disuelven,potasio%20y%20un%20ion%20nitrato](https://hydrocultura.com/blogs/noticias-agricultura-mexico/que-es-la-conductividad-y-como-se-mide#:~:text=La%20conductividad%20el%C3%A9ctrica%20(CE)%20es,nutrientes%20disponibles%20para%20sus%20plantas.&text=Cuando%20los%20nutrientes%20se%20disuelven,potasio%20y%20un%20ion%20nitrato)

RESULTADOS

Las muestras cultivadas hidropónicamente presentaron la mayor conductividad eléctrica, seguidas de las muestras orgánicas y convencionales. Esta diferencia fue

estadísticamente significativa ($p < 0.05$), lo que sugiere una mayor concentración de iones en los tejidos de las plantas cultivadas hidropónicamente.

TABLA 4. Valores obtenidos experimentalmente y valores esperados

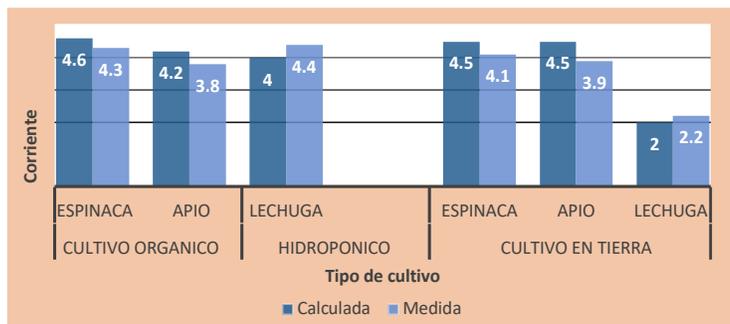
TIPO DE CULTIVO	ORGÁNICO		HIDROPÓNICO	TIPO DE CULTIVO	TIERRA		
	ESPINACA	APIO	LECHUGA		ESPINACA	APIO	LECHUGA
CONDUCTANCIA dS/m				CONDUCTANCIA dS/m			
Calculada	2.41	2.09	1.61	Calculada	2.39	2.28	0.88
Medida	2.25	1.89	1.77	Medida	2.18	1.98	0.96
CORRIENTE (mA)				CORRIENTE (mA)			
Calculada	4.6	4.2	4	Calculada	4.5	4.5	2
Medida	4.3	3.8	4.4	Medida	4.1	3.9	2.2
VOLTAJE (Volts)				VOLTAJE (volts)			
Entre electrodos	1.91	2.01	2.48	Entre electrodos	1.88	1.97	2.28
En la resistencia	1.02	0.94	0.9	En la resistencia	1	1	0.5
POTENCIAL (volts)				POTENCIAL (volts)			
Tiempo	Espinaca	Apio	Lechuga	Tiempo	Espinaca	Apio	Lechuga
inicial	0.76	0.38	0.45	inicial	0.43	0.35	0.38
15 min	0.53	0.32	0.41	15 min	0.38	0.3	0.34
30 min	0.48	0.18	0.38	30 min	0.27	0.26	0.28
PH				PH			
Ph	8	7	6.5	pH	8	6	6
Volumen (ml)	40	70	52	Volumen (ml)	50	70	30
CONSTANTES							
Corriente (mA)	13						
Voltaje (Volt)	3						
Resistencia (Ohm)	220						
Masa (gr)	100						

En esta tabla se encuentran recopilados todos los valores obtenidos experimentalmente (medidos con el multímetro) y los esperados que fueron obtenidos mediante cálculos matemáticos al utilizar la ley de Ohm, sobre la capacidad de conducción de las muestras vegetales seleccionadas, de esta manera se puede apreciar las diferencias entre cada una, sin embargo, para que sean más evidentes graficamos las más significativas.

Para los cálculos mediante la ley de Ohm se consideró un voltaje fijo de 3 volt, una resistencia fija de 220 ohm, la corriente correspondiente del circuito fue de 13 mili Amper y el líquido que se obtenga de una muestra de 100 gr en cada caso.

Voltaje (volt)=Resistencia(ohm)*Corriente(ampere)...Ley de Ohm

TABLA 5. Corriente en el sistema mA



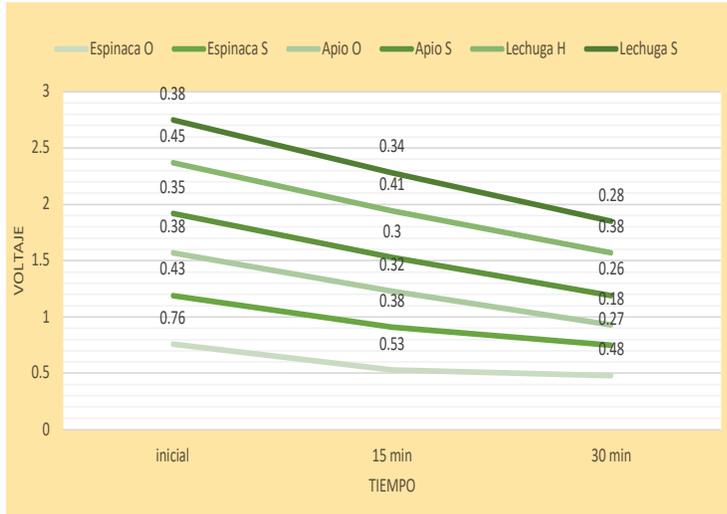
Se muestra la corriente eléctrica que es capaz de circular a través de cada fluido obtenido de los diferentes tipos de cultivo, notando una diferencia significativa en miliamperios que, si bien no parece mucho, para un extracto vegetal representa la calidad y concentración de sus nutrientes.

TABLA 6. Conductancia dS/m



En esta tabla se puede apreciar mejor la diferencia entre la conductividad de cada extracto obtenido en función de su tipo de cultivo, notando una gran separación entre la hidroponía y el cultivo normal.

TABLA 7. Potencial entre electrodos



Podemos notar que, al pasar el tiempo, la capacidad de conducción de cada sustancia decae a consecuencia de la oxidación y degradación de sus componentes.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos respaldan la hipótesis de que la conductividad eléctrica puede ser utilizada como un bioindicador para diferenciar entre verduras de hoja verde cultivadas bajo diferentes sistemas de producción. La mayor conductividad en los cultivos hidropónicos puede atribuirse a la mayor concentración de nutrientes en la solución nutritiva. Sin embargo, otros factores como la variedad vegetal, el estado de madurez y las condiciones ambientales también pueden influir en la conductividad.

IMPLICACIONES

- **Control de calidad.** La conductividad eléctrica puede ser una herramienta rápida y no destructiva para evaluar la calidad de los productos y garantizar la consistencia.
- **Diferenciación de productos.** Los productores pueden utilizar la conductividad como un atributo de calidad para diferenciar sus productos en el mercado.
- **Investigación.** Esta técnica puede ser útil para estudios más profundos sobre la fisiología vegetal y la nutrición de las plantas.

LIMITACIONES

Este estudio tiene algunas limitaciones, como el tamaño de la muestra y el número de variables analizadas. Se requieren estudios más amplios para confirmar estos resultados y explorar otras variables que podrían influir en la conductividad.

CONCLUSIONES

La conductividad eléctrica puede ser un bioindicador útil para distinguir entre verduras cultivadas bajo diferentes sistemas. Sin embargo, se necesitan más investigaciones para establecer relaciones más precisas entre la conductividad y otros parámetros de calidad y para desarrollar métodos estandarizados de medición. La información sobre la conductividad eléctrica puede ayudar a los consumidores a tomar decisiones más informadas al comprar productos.



REFERENCIAS

- Fastsecret. <https://www.fastsecret.com.mx>
- Hydrocultura. Agricultura protegida. Creando espacios vivos. <https://hydrocultura.com/>
- Periago Oliver, M. C. y Bohigas Janoher, X. (2005). Persistencia de las ideas previas sobre potencial eléctrico, intensidad de corriente y ley de Ohm en los estudiantes de segundo curso de Ingeniería. *REDIE. Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 7(2), 0. <https://www.redalyc.org/comocitar.oea?id=15507207>
- Polón, R. (2006). Manejo del agua en un sistema de riego ingeniero sin cascada y su efecto en la conductividad eléctrica del suelo y el rendimiento en el cultivo del arroz (*Oryza sativa L.*). *Cultivos Tropicales*, 27(4), 81-83. <https://www.redalyc.org/articulo.oea?id=193215912015>
- Soto Gonzales, J. L. y Valiengo Valeri, S. (2011). Prueba de la conductividad eléctrica en la evaluación fisiológica de la calidad de semillas en *Zeyheria tuberculosa*. *Bosque*, 32(2), 197-202. <https://www.redalyc.org/articulo.oea?id=173119953010>
- U. S. Department of Agriculture. <https://www.usda.gov/> AUTORES

CONVOCATORIA

La Dirección General del Colegio de Ciencias y Humanidades, a través de la Secretaría de Servicios de Apoyo al Aprendizaje, invita a las y los docentes del Colegio de Ciencias y Humanidades del Área de Ciencias Experimentales a colaborar con sus escritos para el octavo número de la Revista ERGON, Ciencia y Docencia, Nueva Época, la cual es un espacio para el intercambio académico entre profesores. La participación podrá ser en cualquiera de sus secciones: Pedagogía y Didáctica, Estrategia y Didáctica, Artículos de Investigación, Proyectos de Investigación con Alumnos, Noticias, Efemérides y Reseña de libros.

Para más información sobre las características que debe contener el trabajo de cada sección, consulta la guía del autor y las rúbricas en: www.cch.unam.mx/publicaciones/ergon

Tema para la revista

Octavo número: *Educación ambiental con su afectación en el cambio climático*
Fecha de entrega: máximo 31 de enero de 2025.

Los textos recibidos serán sometidos a evaluación por el Comité Editorial y deberán contar con las siguientes características:

- La extensión de los textos es de cinco a ocho cuartillas para la mayoría de las secciones:

- Pedagogía y Didáctica.
- Estrategia y Didáctica.
- Artículos de investigación.
- Proyectos de investigación con alumnos.
- Noticias.
- Efemérides.
- Reseña de libros (mínimo 3 cuartillas).

Deben estar escritos en fuente Arial 12 puntos e interlineado 1.5 y enviarse en formato .doc.

- Todos los textos deben ser inéditos y serán sometidos a dictaminación a **dobles ciegos**. A partir de la entrega del escrito, el comité revisor tendrá un plazo no mayor a 30 días naturales para evaluar el trabajo.

- Los textos, en especial los artículos, deben incluir un resumen en español (no más de 300 caracteres) y palabras clave, al igual que el título del trabajo.

- Enviar en un segundo archivo .doc una síntesis curricular que no exceda de cinco líneas y que incluya un correo electrónico.

- Todos los textos deberán enviarse al siguiente correo electrónico: rrevista.ergon.nuevaepoca@cch.unam.mx, con atención al QBP. Taurino Marroquín Cristóbal, coordinador de la revista.

Cualquier otro tema relacionado con la difusión de las ciencias, se recibe durante todo el año.

a) Apoyos didácticos

- Estrategias o secuencias didácticas.
- Experimentos y actividades experimentales en el laboratorio.
- Actividades en el aula.
- Uso didáctico de TIC, TAC, SIMULADORES.
- Uso de APS.
- Instrumentos de evaluación de aprendizaje.
- Reseñas de materiales didácticos elaborados que cubran una unidad o un curso completo.
- Aula invertida.

Los materiales deberán apegarse a la definición del Glossario de Términos del Protocolo de equivalencias para el ingreso y promoción de los Profesores Ordinarios de Carrera.

b) Sobre la didáctica específica, problemas del aprendizaje de la ciencia (o de una disciplina en particular) y sus métodos, el rol del profesor, descripción de prototipos experimentales o investigaciones extracurriculares como las que se realizan con alumnos en el SILADIN.

c) Apoyos a la actualización disciplinar, como avances en la ciencia o en las disciplinas del área y en la tecnología, así como textos de análisis crítico sobre la inclusión de temas transversales en el currículo de ciencias. También podrán ser noticias científicas (por ejemplo lo último en vacunas) y reseñas bibliográficas.

d) Ensayos o narraciones de historia de las ciencias con referencia a los conceptos básicos, teorías o modelos de las disciplinas del área, con la intención de reforzar las relaciones entre las ciencias y las humanidades.

e) Semblanzas o entrevistas a integrantes de la comunidad, como reconocimiento a la trayectoria de los docentes valiosos del Área de Ciencias Experimentales. (*Ergon Ciencia y Docencia*, 2018).

Referencia: *Ergon Ciencia y Docencia* (2018).
https://issuu.com/ergonrevista/docs/ergon_004

Cualquier aspecto no contemplado en esta convocatoria será resuelto por el comité revisor, su fallo será inapelable.

LA CONSTANCIA QUE SE ENTREGARÁ SERÁ DEL RUBRO I, III, V - B o C: PARTICIPACIÓN EN LA ELABORACIÓN Y PUBLICACIÓN DE UNA REVISTA.





ERGON
revista ciencia y docencia

