



KUXULKAB'

-Tierra viva o naturaleza en voz Chontal-

Volumen 29

Número 64

Mayo-Agosto 2023

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
División Académica de Ciencias Biológicas





PRÁCTICA DE CAMPO DE UNA ESTUDIANTE DE LA LICENCIATURA EN BIOLOGÍA DURANTE UNA ESTANCIA ACADÉMICA.
División Académica de Ciencias Biológicas (DACBio), Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), Villahermosa, Tabasco; México.

Fotografía: cortesía de Ma. Guadalupe Rivas Acuña.



UJAT

UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO

“ ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE ”

DIRECTORIO

L.D. Guillermo Narváez Osorio
Rector

Dra. Dora María Frias Márquez
Secretaria de Servicios Académicos

Dr. Wilfrido Miguel Contreras Sánchez
Secretario de Investigación, Posgrado y Vinculación

Lic. Alejandro Bastar Cordero
Encargado de despacho de la Secretaría de Servicios Administrativos

Mtro. Miguel Armando Vélez Téllez
Secretario de Finanzas

Dr. Arturo Garrido Mora
Director de la División Académica de Ciencias Biológicas

Dra. Ana Rosa Rodríguez Luna
Coordinadora de Investigación y Posgrado, DACBioI-UJAT

M. en A. Emilio Ocampo Morales
Coordinador Administrativo, DACBioI-UJAT

M.I.P.A. Araceli Guadalupe Pérez Gómez
Coordinadora de Docencia, DACBioI-UJAT

M.C.A. Yessenia Sánchez Alcudia
Coordinadora de Difusión Cultural y Extensión, DACBioI-UJAT

COMITÉ EDITORIAL DE KUXULKAB'

Dr. Andrés Reséndez Medina †
Editor fundador

Biól. Fernando Rodríguez Quevedo
Editor ejecutivo y encargado

Dra. Coral Jazvel Pacheco Figueroa

Dr. Jesús García Grajales

Dra. Carolina Zequeira Laríos

Dr. Rodrigo García Morales

Dra. María Elena Macías-Valadez Treviño

Ocean. Rafael García de Quevedo Machain

M.C.A. Ma. Guadalupe Rivas Acuña

Dr. Nicolás Álvarez Pliego

Dra. Nelly del Carmen Jiménez Pérez

Dr. Marco Antonio Altamirano González Ortega

Dra. Rocío Guerrero Zárate

Dr. Eduardo Salvador López Hernández

Dra. Nadia Florencia Ojeda Robertos

Dr. Maximiano Antonio Estrada Botello

Dra. Melina del Carmen Uribe López

Dr. José Guadalupe Chan Quijano

Dra. Martha Alicia Perera García

Editores asociados

Dra. Ramona Elizabeth Sanlúcar Estrada

M.C.A. Alma Deysi Anacléto Rosas

Dra. Ena Edith Mata Zayas

M. en Pub. Magally Guadalupe Sánchez Domínguez

Correctores de estilo

M.C.A. María del Rosario Barragán Vázquez

M. en C. Leonardo Noriel López Jiménez

Dra. Violeta Ruiz Carrera

Correctores de pruebas

M.Arq. Marcela Zurita Macías-Valadez

M. en C. Sulma Guadalupe Gómez Jiménez

Traductoras

L.I.A. Ervey Baltazar Esponda

Soporte técnico institucional

Téc. Juan Pablo Quiñonez Rodríguez †

Apoyo técnico

CONSEJO EDITORIAL (EXTERNO)

Dra. Lilia María Gama Campillo

División Académica de Ciencias Biológicas, UJAT - México

Dr. Roberto Carlos González Fócil

Jefe del Departamento de Revistas Científicas, UJAT - México

Dra. Juliana Álvarez Rodríguez

División Académica de Ciencias Económico Administrativas, UJAT - México

Dr. Jesús María San Martín Toro

Universidad de Valladolid (UVA) - España

ISSN 2448-508X

KUXULKAB'

La revista KUXULKAB' (vocablo chontal que significa «tierra viva» o «naturaleza») es una publicación cuatrimestral de divulgación científica la cual forma parte de las publicaciones periódicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco; aquí se exhiben tópicos sobre la situación de nuestros recursos naturales, además de avances o resultados de las líneas de investigación dentro de las ciencias biológicas, agropecuarias y ambientales principalmente.

El objetivo fundamental de la revista es transmitir conocimientos con la aspiración de lograr su más amplia presencia dentro de la propia comunidad universitaria y fuera de ella, pretendiendo igualmente, una vinculación con la sociedad. Se publican trabajos de autores nacionales o extranjeros en español, con un breve resumen en inglés.

KUXULKAB' se encuentra disponible en su portal electrónico a **texto completo** y en **acceso abierto**, así como en diversas plataformas editoriales, directorios y catálogos de revistas:



Revistas Universitarias

Portal electrónico de las publicaciones periódicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT).



Repositorio Institucional UJAT

Plataforma desarrollada con el aval del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT); cuenta con un acervo académico, científico, tecnológico y de innovación de la universidad.



Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Red de instituciones que reúnen y diseminan información sobre las publicaciones científicas seriadas producidas en Iberoamérica.



PERIÓDICA - Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias

Base de datos bibliográfica de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), con registros publicados América Latina y el Caribe, especializadas en ciencia y tecnología.



Google académico - Google Scholar

Buscador de Google enfocado y especializado en la búsqueda de contenido y bibliografía científico-académica (artículos, tesis, libros, patentes, etcétera).



BASE - Bielefeld Academic Search Engine

Motor de búsqueda más voluminosos del mundo, especialmente para recursos web académicos; es operado por la biblioteca de la Universidad de Bielefeld (Bielefeld, Alemania).



MIAR - Matriz de Información para el Análisis de Revistas

Matriz con repertorio de revistas y bases de datos de indexación (citas, multidisciplinarias o especializadas), con el propósito de identificar revistas científicas.



fatcat! - Perpetual Access to the Scholarly Record

Catálogo de publicaciones de investigación que incluye artículos de revistas, actas de congresos y conjuntos de datos.



OAJI - Open Academic Journals Index

Base de datos internacional para indexar revistas científicas de acceso abierto; es manejada por la Universidad Global de Cherkas (United States of America).



Nuestra portada:

«De elementos ambientales hasta la modelación de organismos».

Diseño de:

Fernando Rodríguez Quevedo (DACBioI-UJAT).

Fotografías de: Con imágenes alusivas al número y de uso libre en la red (internet por ejemplo).

KUXULKAB', año 29, No. 64, mayo-agosto 2023; es una publicación cuatrimestral editada por la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT) a través de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBioI). Av. Universidad s/n, Zona de la Cultura; Col. Magisterial; Villahermosa, Centro, Tabasco, México; C.P. 86040; Tel. (993) 358 1500, 354 4308, extensión 6415; <https://revistas.ujat.mx>; kuxulkab@ujat.mx. Editor responsable: Fernando Rodríguez Quevedo (encargado). Reservas de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2013-090610320400-203; ISSN: 2448-508X, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número: Editor ejecutivo, Fernando Rodríguez Quevedo; Carretera Villahermosa-Cárdenas km 0.5; entronque a Bosques de Saloya; CP. 86039; Villahermosa, Centro, Tabasco; Tel. (993) 358 1500, 354 4308, extensión 6415; Fecha de la última modificación: 05 de mayo de 2023.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la revista, ni de la DACBioI y mucho menos de la UJAT. Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.



Editorial

Estimados lectores:

Deseando se encuentren bien, en esta oportunidad nos dirigimos para presentar el segundo número de **Kuxulkab'** para este 2023; continuando en reforzar los esfuerzos para mantener nuestra presencia, el presente cuenta con dos aportaciones donde, tenemos información respecto a herramientas que pueden usarse en las actividades docentes, hasta un proceso de manejo y mitigación ambiental.

En costumbre a la forma de trabajo de la revista, proporcionamos una sinopsis de las aportaciones que conforman esta publicación:

«**MODELOS DE HONGOS COMO MEDIO DE APRENDIZAJE**»; texto que describe la relevancia de la creación y manejo de los modelos de hongos por los estudiantes y el alcance que estos generan dentro y fuera del aula en la DACBIOL-UJAT.

«**POTENCIAL ENERGÉTICO DE LA LECHUGA DE AGUA: UNA ALTERNATIVA PARA LA MITIGACIÓN DE SU IMPACTO AMBIENTAL**», aportación que expresa el valor ambiental y las características fisicoquímicas de dicha planta acuática como fuente de energía renovable, por ello su aprovechamiento.

La consolidación de este número es un esfuerzo en conjunto con autores, evaluadores, editores asociados y demás miembros del comité editorial de esta revista. Agradecemos, a cada uno de ellos, su apoyo y entusiasmo de colaborar en la divulgación de la ciencia con estándares de calidad emanados por esta casa de estudios. Esperamos vernos pronto.

Arturo Garrido Mora
DIRECTOR DE LA DACBIOL-UJAT

Fernando Rodríguez Queredo
EDITOR EJECUTIVO DE KUXULKAB'

Contenido

MODELOS DE HONGOS COMO MEDIO DE APRENDIZAJE

e5951

MUSHROOM MODELS AS A MEANS OF LEARNING

Manuel Antonio García García & Silvia Cappello García

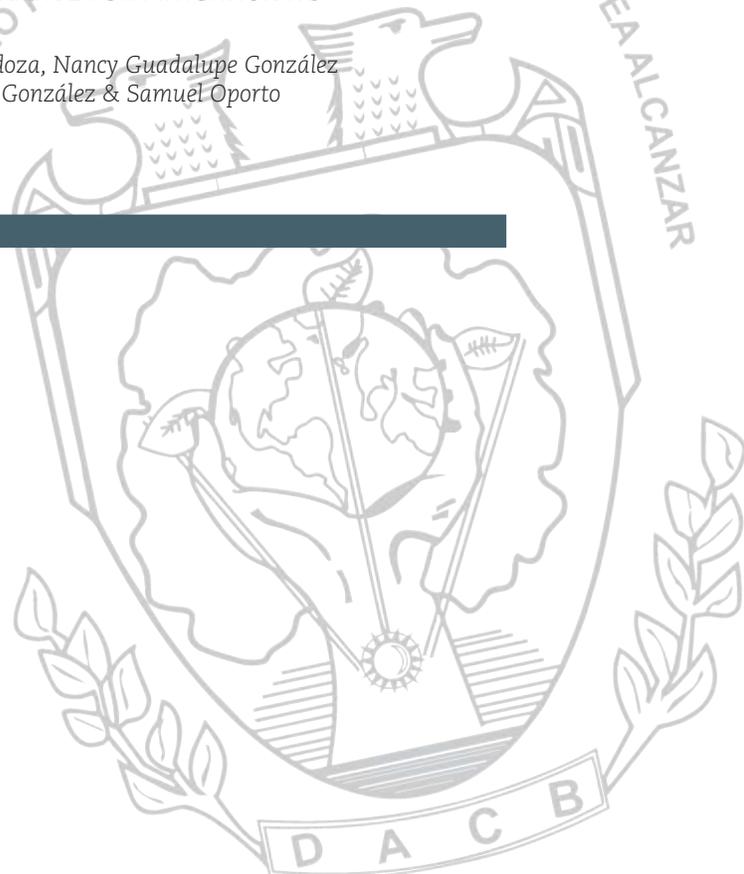
POTENCIAL ENERGÉTICO DE LA LECHUGA DE AGUA: UNA ALTERNATIVA PARA LA MITIGACIÓN DE SU IMPACTO AMBIENTAL

e6078

ENERGY POTENTIAL OF WATER LETTUCE: AN ALTERNATIVE FOR MITIGATION ITS ENVIRONMENTAL IMPACT

Ana Laura Acosta Bastar, Mariela Alejandra Gómez Mendoza, Nancy Guadalupe González Canché, Johannes Cornelis Van der Wal, Liliana Pampillón González & Samuel Oporto Peregrino

LA DISCIPLINA NO PERDE DE VISTA LO QUE SE DESEA ALCANZAR



MODELOS DE HONGOS COMO MEDIO DE APRENDIZAJE

MUSHROOM MODELS AS A MEANS OF LEARNING

Manuel Antonio García García^{1✉} & Silvia Cappello García²

¹Biólogo y Maestro en Ciencias Ambientales (MCA) por la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT). Su interés es aquello relacionado a la micología. Actualmente es profesor-investigador y colaborador de la Colección de hongos en el «Herbario UJAT» de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiología) en la UJAT. ²Bióloga por la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y Doctora en Ecología Vegetal por la Universidad de Córdoba (España). Sus líneas de investigación son la «taxonomía y sistemática de hongos macromicetos», así como la «biotecnología de hongos comestibles y tintóreos». Ha generado la Colección de hongos macroscópicos de Tabasco en el «Herbario UJAT» donde actualmente es la encargada y curadora; igualmente inició el cepario de hongos tropicales comestibles y medicinales. Es profesora-investigadora de la DACBiología-UJAT.

Herbario UJAT, División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiología); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT): Carretera Federal #180 (Villahermosa-Cárdenas) km 0.5 S/N; entronque a Bosques de Saloya; C.P. 86150. Villahermosa, Tabasco; México.

✉ manuelito22_77@hotmail.com

 0000-0002-5166-8137  0000-0003-1354-6304

Como referenciar:

García García, M.A. & Cappello García, S. (2023). Modelos de hongos como medio de aprendizaje. *Kuxulkab'*, 29(64): e5951, mayo-agosto. <https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a29n64.5951>

Disponible en:

<https://revistas.ujat.mx>

<https://revistas.ujat.mx/index.php/kuxulkab>

<https://revistas.ujat.mx/index.php/kuxulkab/article/view/5951>

DOI:

<https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a29n64.5951>

Resumen

Los modelos tridimensionales elaborados a mano son una herramienta esencial para el aprendizaje de los alumnos en cualquier nivel educativo. Para los estudiantes de licenciatura en biología de la División Académica de Ciencias Biológicas ha resultado de gran utilidad el uso de estos elementos, donde la imaginación y creatividad son plasmadas en la belleza de muchos ejemplares. Durante la fabricación de los modelos de hongos el estudiante adquiere conocimientos generales y específicos acerca del reino fungi, con facilidad puede reconocer las estructuras típicas que definen a estos organismos, y discernir entre los diversos grupos que se encuentran en el reino de los hongos. En general el trabajo describe la importancia de los modelos de hongos elaborados a mano por los alumnos de biología y el alcance que estos generan dentro y fuera del salón de clases.

Palabras clave: Colección; Exposición fúngica; Conocimiento social; Habilidades.

Abstract

Handmade three-dimensional models are an essential learning tool for students at any educational level. For the undergraduate students in biology at the Academic Division of Biological Sciences, the use of these elements has been very useful, where imagination and creativity are reflected in the beauty of many specimens. During the fabrication of the fungi models the student acquires general and specific knowledge about the fungi kingdom, can easily recognize the typical structures that define these organisms, and discern between the various groups found in the fungi kingdom. In general, the paper describes the importance of the fungal models handmade by biology students and the outreach they generate inside and outside the classroom.

Keywords: Collection; Fungal exposure; Social knowledge; Skills.

El proceso de enseñanza aprendizaje como generadora de conocimiento es una labor imprescindible en cualquier nivel educativo para la formación profesional del estudiante. En la docencia se emplean numerosas técnicas y estrategias que facilitan el aprendizaje en los alumnos, en ocasiones la teoría se vuelve precaria si no se lleva a la práctica, la percepción y captación de conocimiento en los jóvenes no es del mismo modo, hay quienes son abrumados por la teoría y prefieren ejemplos específicos del tema abordado, más en aquellos que son visuales.

Debido a que el conocimiento llega de múltiples formas en los alumnos, una alternativa viable en las aulas es el uso de modelos tridimensionales elaborados en forma manual, los cuales permiten relacionar los caracteres propios con el conocimiento, sin importar el grado de formación profesional en cualquier carrera técnica, licenciatura, incluso especialidad. La enseñanza por proyectos como el caso de los modelos 3D tridimensional se basa en la aproximación constructivista, donde la actividad se vuelve divertida, motivadora y con retos para el estudiante, quien tiene un papel activo en todo el proceso de planeación (Wassermann, 1994; Islas & Pesa, 2003; Martí, Heydrich, Rojas & Hernández, 2010; Scalfani & Sahib, 2013).

La utilización de los modelos tridimensionales hechos a mano es un tema de interés en el proceso de enseñanza basado en competencias, en cualquier área de estudio como es el área de la biología donde los alumnos tienen la capacidad de captar con mayor eficiencia el contenido del tema, al visualizar ejemplos específicos del mismo, lo cual genera conocimiento eficiente y oportuno en la mente de los jóvenes.



(2023). Facebook.com | [Difusiondacbiol]
Acervo general de la Coordinación de Difusión Cultural y Extensión; División Académica de Ciencias Biológicas, UJAT.

Con este tipo de proyectos la capacidad del alumno aumenta significativamente, adquiere conocimiento firme del tema, y comparte con los compañeros diferentes grados cognitivos, lo cual mejora la percepción de aprendizaje (Adúriz-Bravo & Morales, 2002; Vygotsky, 2009; Chamizo, 2010). También despierta el interés sobre la asignatura en cuestión, al definir la mejor estrategia para la realización de la actividad a evaluar y la toma de decisiones (Vega, Calderas & Vega, 2009; Pérez, Tannuré & Maldonado, 2015; Acevedo-Díaz, García-Carmona, Aragon-Méndez & Oliva-Martínez, 2017). Para los futuros biólogos, los modelos 3D son una alternativa para esclarecer temas específicos, la teórica se enriquece al utilizar estos elementos como ejemplares.

En las distintas ramas de la biología, los alumnos pueden elaborar modelos completos de bacterias, protozoarios, algas, aves, mamíferos, hongos, etcétera, donde representan la organización ampliada y ejemplificada del organismo, o bien, exhiben estructuras de una sección en particular. La elaboración y representación creativa del organismo o estructura es esencial para generar experiencias basadas en la resolución de proyectos, dado que el alumno requiere horas para realizar la actividad y a la vez poner a prueba sus habilidades en el acabado del diseño (Martí *et al.*, 2010; Rodríguez, 2021).

Los modelos biológicos 3D también reflejan aquellos organismos que a simple vista no pueden ser observados, y aquellos que por diversas cuestiones no pueden ser preservados, o bien, casos donde los ejemplares después de ser recolectados pierden sus características como es el caso de los hongos. Si bien emplear imágenes fotográficas ayuda a tener una idea clara de cierto organismo, es preferible el uso de elementos que asemejen cada una de las estructuras del tema en cuestión.

En el estudio de los hongos, el empleo de los modelos tridimensionales moldeados a mano sirve para ilustrar diferentes aspectos relacionados con las características de estos organismos. La utilización obedece a que diversas especies del reino fungí presentan peculiaridades que se pierden con facilidad, aunado a que la presencia de estos es más común en temporadas de lluvia, principalmente para zonas tropicales. En las temporadas de seca la esporulación y formación de las estructuras que definen a muchas especies de hongos no están presentes o son escasas, a diferencia de lo que ocurre en épocas de lluvia.

Es clave señalar que el cuerpo fructífero de los hongos es otro tema de interés, no todas las especies tienen ciclos de larga duración, muchos son tan efímeros que para encontrarlos es un desafío, es

por ello por lo que los modelos coadyuvan a mostrar las estructuras que definen a estos seres cuando no es posible acceder a ellos en su ambiente natural. La realización de los modelos 3D en hongos tiene como objetivo generar conocimiento y despertar la curiosidad en los jóvenes, al explorar y moldear con sus manos las estructuras que definen a las especies del reino fungí. Estos elementos se convierten en una herramienta mediadora de enseñanza.

Modelos tridimensionales: fabricación

Como parte de las actividades de aprendizaje de diversos periodos escolares, los alumnos de la licenciatura en biología de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol) de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), en la asignatura de hongos, han tenido la fortuna de moldear entre sus manos diversas especies que se incluyen en el reino fungí (lámina 1).

Al principio del ciclo los jóvenes se muestran indiferentes, pero conforme se adentran en el estudio de estos organismos, y al utilizar los modelos 3D como ejemplos se ven fascinados con la morfología y colores que presentan, incluso hay quienes se adentran en el estudio de estos por cuenta propia. No falta el alumno que durante las clases lleva ejemplares frescos encontrados en algún sitio para su posible identificación, captura de imágenes que despiertan su curiosidad, incluso hay quienes hacen sus minicolecciones como pasatiempo.

La elaboración de los elementos 3D a mano es una actividad sencilla pero significativa, donde el aprendizaje basado en experiencias propias no tiene límite, al plasmar la morfología de los organismos. Es interesante la creatividad de muchos jóvenes con la que desarrollan dicho proyecto.



Lámina 1. Modelos fúngicos macroscópicos.

A: *Clathrus archeri*. B: *Armillaria mellea*. C: *Ramaria flava*. D: *Amanita verna*. E: *Amanita muscaria*. F: *Lycoperdon perlatum*. G: *Leucocoprinus birnbaumii*.

En algunos la imaginación va más allá de lo que se le pide, al forjar verdaderas joyas naturales hechas a mano (lámina 2). La fabricación de los modelos favorece el reciclado de materiales, a muchos se les otorga una segunda vida útil en lugar de generar contaminación, donde la principal idea es reducir, reciclar y reutilizar. Los elementos empleados son de tipo orgánico e inorgánico. Entre lo orgánico se encuentra el papel reciclado, cartón, madera, etcétera; en lo inorgánico el más utilizado es el fomi o "foamy" moldeable (etilvinilacetato) debido a su fácil manipulación y dureza, el cual conserva la forma intacta de la estructura que representa. Cabe señalar que en el mercado existe gran variedad de materiales que son usados en la fabricación de prototipos, como la arcilla polimérica, porcelana fría, entre otros.



Lámina 2. La madera como uso común en los modelos.

A: *Sarcoscypha coccinea*. B: *Sowerbyella rhenana*. C: *Phillipsia domingensis*. D: *Aleuria aurantia*. E: *Xylaria polymorpha*.

La utilización de cualquier material dependerá de la intención de lo que se pretende materializar. Es preferible el uso de materiales degradables, aunque la ventaja del fomi moldeable es que preserva por muchos años el modelo como obra de arte sin temor a sufrir daños, pero igual las obras realizadas con papel cartón son verdaderas joyas (Mayén, 2013). En algunos casos la combinación de materiales (orgánicos e inorgánicos) refuerza la estructura final del modelo tridimensional, plasmado por la creatividad del alumno (lámina 1 y 2).

Importancia de los modelos fúngicos

La elaboración de estos elementos moldeados a mano, se vuelen significativos para los jóvenes aprendices, donde la imaginación y creatividad la ponen a prueba, lo cual favorece el razonamiento sobre el tema en particular, antes, durante y después de la fabricación de la estructura. El conocimiento que aportan los prototipos fúngicos al interior del aula comprende desde la elaboración de estos, aunque el alcance de aprendizaje se extrapola a otras áreas de estudio dentro de la licenciatura en biología de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiología) en la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT).

Principalmente en la asignatura de hongos sirve para ejemplificar aquellas características efímeras o perecederas que no pueden preservarse en las especies macroscópicas, es bien conocido que muchos ejemplares de hongos pierden su morfología total después de ser recolectados, irreconocibles en dado momento después de su herborización, cosa que en los modelos puede apreciarse al cuidarse los detalles durante el proceso de construcción, incluso algunos resaltan a la vista por la forma y color. Las estructuras microscópicas que pasan desapercibidas al ojo humano, como ocurre con los hongos que crecen sobre restos vegetales, también son mostradas en este tipo de actividad, a escala puede apreciarse el perfecto acabado de cuerpos diminutos íntegros con sus células reproductoras (lámina 3).

Otro tema de interés son los sustratos donde fructifican con regularidad estos tipos de organismos, como son la madera (lignícola), estiércol (coprófilo), hojarasca (humícola), sobre la tierra (terricola), mismos que se ven reflejados en las estructuras 3D (lámina 4). En ocasiones los muchachos emplean materiales orgánicos que sirven de base para la fabricación del modelo en cuestión, lo que revela la importancia que tienen los hongos en el medio natural y el aprovechamiento

para el ser humano, ya que algunas estructuras simbolizan ser de tipo alimenticio, medicinal, alucinógenos, venenosos, y de control biológico (lámina 5).

En general la relevancia de las estructuras tridimensionales en hongos permite que los jóvenes comprendan terminologías específicas empleadas en el estudio de la micología, y puedan distinguir los diferentes grupos que suelen encontrarse en el reino fungí, así como diferenciar estructuras peculiares que sirven para agruparlos, tal es el caso de los basidiomicetos (cuerpos en forma de seta, abanico, repisa, coral) (lámina 1 y 4) que se pueden diferenciar de acuerdo al tipo de himenio fértil que poseen, los poliporales con poros, agaricales con láminas, teleforoides, clavarioides y tremeloides de lisos a verrugosos, y los hydnooides con espinas en forma de dientes.

La morfología típica de ciertas especies es una característica resaltante en los modelos 3D, donde la estructura reproductora del hongo es fácil de reconocer, por mencionar algunos ejemplos: los lycoperdoides forman sacos globosos; piriformes, donde producen las esporas; los phallooides disponen de cuerpos en forma de red o brazos subdivididos; los nidularioides desarrollan cuerpos semejantes a un nido de pájaro (uno o varios peridiolos dentro de un embudo); los clavarioides tienen forma de coral; los geastrales forma de estrella, y los pezizoides forma de copa o taza (lámina 2, 4 y 5).

El empleo de prototipos tridimensionales es sustancial para los alumnos en formación profesional, debido a que complementan el aprendizaje de cierta asignatura tal como lo señala Martí *et al.* y Rodríguez, dado que los alumnos desarrollan habilidades de planeación y con ello procesan cierta cantidad de información cognitiva (Pérez *et al.*, 2015; Acevedo-Díaz *et al.*, 2017).



Lámina 3. Modelos de hongos microscópicos.

A: *Beltraniopsis asperisetifera*. B: *Pilobolus longipes*. C: *Periconia cookie*. D: *Virgatospora echinofibrosa*. E: *Trichophyton rubrum*. F: *Penicillium notatum*. G: *Ophiocordyceps unilateralis*. H: *Vermiculariopsiella arcicula*. I: *Ophiocordyceps sphecocephala*.

Este tipo de enseñanza no se limita al interior del aula, es necesario resaltar la trascendencia de estos elementos fuera del salón de clases, por ejemplo, se han utilizado para representar ejemplares que se localizan en la Colección de hongos del Herbario UJAT (DACBIOL-UJAT). Los modelos tridimensionales de hongos a diferencia de los que se encuentran en la colección pueden ser manipulados sin temor a contaminarse de plagas y sufrir daños, lo que no es posible con muchas especies herborizadas, las

cuales no pueden retirarse fuera de la colección y se ven privadas para los alumnos. Estos elementos son de interés al punto que han permitido esclarecer aspectos relevantes de los hongos sin tener que recurrir a los que se encuentran en la colección, en particular cuando se han tenido visitas al Herbario por parte de escuelas públicas y privadas, siendo suficientes para una buena exhibición y explicación.

Asimismo, la utilidad de los modelos es de gran ayuda en eventos culturales dentro y fuera de la institución (DACBIOL, UJAT), en donde se exhibe una gran variedad de morfologías con colores típicos (lámina 6). Al interior de la universidad, hasta para el personal académico le es fascinante apreciar las distintas formas de los ejemplares 3D, y los estudiantes en general se ven motivados e interesados en cursar la asignatura que refiere al reino fungí, volviéndose clave como parte de los conocimientos de la licenciatura en biología.

Fuera de la institución la exposición de los modelos permite que otras personas no necesariamente alumnos contemplen las características de los hongos, se maravillan de las estructuras que los conforman, y en su momento se les explica el potencial que estos organismos poseen en los diferentes campos de la vida, hablase de alimentación, producción de fármacos, industria, entre otros niveles donde la utilidad de los hongos es primordial.

Las exposiciones en eventos públicos con ayuda de los prototipos han impactado en la curiosidad de los jóvenes, al mostrarles ejemplares personificados que pueden encontrarse de forma natural, y que pueden aprovecharse si se atesora un conocimiento fiable de las especies inmersas en dicho reino.



Lámina 4. Sustratos donde crecen los hongos.

A: *Psilocybe cubensis*, coprófilo. B: *Pycnoporus sanguineus*, lignícola. C: *Hygrocybe conica*, D: *Clathrus archeri*, y E: *Geastrum saccatum* terrícolas. F: *Marasmius siccus*, Humícola. G: *Dictyophora indusiata*, saprótrofo.



Lámina 5. Potencial de los hongos.

A: *Amanita muscaria*, venenoso. B: *Pleurotus djamor rosa*, comestible. C: *Entoloma hochstetteri*, tóxico. D: *Ustilago maydis* (huitlacoche) comestible. E: *Clathrus crispus*, saprobio.

Relevancia de los modelos en estudiantes

Cualquier método o estrategia utilizada en el proceso de enseñanza durante el desarrollo profesional de los muchachos tendrá valor significativo, sin duda la teoría se refuerza con la práctica, así como las salidas al campo para los entusiastas en biología. Por lo tanto, complementar el aprendizaje cognitivo, mediante el uso de los modelos tridimensionales moldeados a mano, tendrá relevancia para los jóvenes aprendices, en donde emergen múltiples intereses motivacionales, emociones positivas y experiencias en la toma de decisiones.

No cabe duda de que la elaboración de los modelos fúngicos promueve diversas inquietudes en los jóvenes y les ayuda a cumplir expectativas que se plantean al cursar la asignatura de hongos.

Los jóvenes así lo expresaron al término del ciclo académico con puño y letra al plantearles la pregunta: ¿Cuál es el impacto personal al realizar la actividad del modelo 3D?; muchos coincidieron que la actividad de los modelos les sirvió para comprender las características que definen a estos organismos, los procesos vitales para su desarrollo, y las relaciones que establecen con otros individuos.

El conocimiento no se limitó a la realización del modelo tridimensional, sino que para llevarlo a cabo tuvieron que documentarse previamente, navegar en un mundo de información que les permitió plasmar la idea del proyecto. En palabras de los estudiantes estos se expresaron:

«El modelo en hongos me ayudó a decidir lo que realmente quería estudiar de la biología, 'los hongos', dado que durante el trabajo busqué ideas en internet para inspirarme, y así encontré muchas cosas sobre los hongos, desde su importancia, formas diversas, y aplicaciones. El modelo elaborado del hongo "*Cordyceps*" me dejó feliz, el cual es un ejemplar increíble y con importancia medicinal».

«El modelo es una buena forma de aplicar lo aprendido y reforzar algunos conocimientos. En lo personal aprendo haciendo las cosas y los modelos me ayudaron a retener más información del organismo realizado, además de conocer a una especie que no entendía del todo, a mi parecer los modelos se deberían seguir aplicando en las materias para reforzar los conocimientos, ya que aprendemos más sobre la fisonomía del organismo si se trabaja moldeándolos».

«La actividad es entretenida, buscar, elegir, y hacer el hongo a modelar no es tarea fácil, ya que para lucirse con naturalidad hay que poner empeño en los detalles. La elaboración del modelo es motivo de inspiración y aprendizaje, y sirve de conocimiento aplicable en otros campos de la biología».

«El hacer los modelos de hongos con tal realismo contribuye a prestar atención en los pequeños detalles de las estructuras que lo conforman, entre más auténticos más vistosos y mejor relevancia para el estudiante».

«Realizar el modelo del hongo sirvió para explorar mis habilidades artísticas, y conocer el entorno donde crecen; necesario para colectar, describir e identificar».

«En verdad disfruté hacer el modelo del hongo, y descubrí que las "*Amanitas*" son tóxicas».

«Elaborar el modelo se me facilitó porque me agradan las manualidades».



Lámina 6. Exposición de hongos con modelos 3D en eventos públicos.

Conclusión

La utilización de los modelos fúngicos tridimensionales elaborados a mano, demuestran ser una herramienta clave en la docencia para la enseñanza de temas específicos, donde los jóvenes pueden interactuar y captar conocimientos durante y después de la fabricación de los prototipos.

Pese a que en este documento se expone solo para la asignatura de hongos, es imprescindible que los modelos deban emplearse en los planes educativos de la licenciatura en biología, y en cualquier disciplina que involucre el proceso de enseñanza aprendizaje, donde la captación de conocimiento requiere otros complementos a la teoría.

La utilidad de los modelos es extensa si se sabe aprovechar en beneficio de los jóvenes, sobre todo si se busca difundir temas específicos que sobrepasen barreras fuera de las instituciones y que puedan incidir en la sociedad.

Referencias

Acevedo-Díaz, J.A.; García-Carmona, A.; Aragón-Méndez, M.M. & Oliva-Martínez, J.M. (2017). Modelos científicos: significado y papel en la práctica científica. *Revista Científica*, 30(3): 155–166. <https://doi.org/10.14483/23448350.12288>

Adúriz-Bravo, A. & Morales, L. (2002). El concepto de modelo en la enseñanza de la física: consideraciones epistemológicas, didácticas y retóricas. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 19(1): 76–89. <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/9296>

Chamizo Guerrero, J.A. (2010). Capítulo 1, Los modelos en la enseñanza de las ciencias. En: Charrizo Guerrero, J.A. & García Franco, A. (Coords.); *Modelos y modelaje en la enseñanza de las ciencias naturales* (pp. 13-18). Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). ISBN 978-607-02-1409-7. <https://hdl.handle.net/20.500.12799/4900>

Islas, S.M. & Pesa, M.A. (2003). Concepciones de expertos acerca de modelos científicos. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 2(2): 102–111. <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4146>

Martí, J.A.; Heydrich, M.; Rojas, M. & Hernández, A. (2010). Aprendizaje basado en proyectos: una experiencia de innovación docente. *Revista Universidad EAFIT*, 46(158): 11–21. <https://www.redalyc.org/pdf/215/21520993002.pdf>

Mayén Camarena, N.A. (2013). *El estudio de la cartonería mexicana como elemento tridimensional en el diseño gráfico: el arte popular mexicano* (Tesis de Maestría en Artes Visuales). Escuela Nacional de Artes Plásticas, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). <https://hdl.handle.net/20.500.14330/TES01000693686>

Pérez Carmona, M.C.; Tannuré Godward, B. & Maldonado, H.F. (2015). Desarrollo de un modelo físico que posibilitó la implementación de un Modelo Pedagógico dentro de un curso de Física. *Revista de Enseñanza de la Física*, 27(2): 379–383. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/12677>

Rodríguez Cuervo, L.S. (2021). Modelos físicos como aprendizaje basado en proyectos en mecánica de suelos en tiempos de COVID-19. *Sinergias Educativas*, 5(4): 1–14. <https://sinergiaseducativas.mx/index.php/revista/article/view/153>

Scalfani, V.F. & Sahib, J. (2013). A model for managing 3D printing services in academic libraries. *Issues in Science and Technology Librarianship*, (72): 1–13. <https://doi.org/10.29173/istl1571>

Vega Pérez, J; Calderas Patiño, G. & Vega García, J. (2009). *Investigación didáctica mediante prototipos como herramienta de aprendizaje de física* (Memorias del IV Congreso Internacional de Innovación Educativa, 14 al 16 de octubre; pp. 260-268). México. ISBN 978-607-414-108-5. <https://www.repo-ciie.dfie.ipn.mx/IV.php>

Vygotski, L.S. (2009). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores* (Mind in Society, The development of higher psychological processes; Cole, M.; John-Steiner, V.; Scribner, S. & Souberman, E. (Eds.); Furió, S. (Trad.); 3^{ra} ed.; p. 230). Crítica Barcelona. ISBN: 978-84-8432-046-4. <https://saberepsi.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/09/vygostki-el-desarrollo-de-los-procesos-psicolc3b3gicos-superiores.pdf>

Wassermann, S. (1994). *El estudio de casos como método de enseñanza* (Introduction to case method teaching: a guide to the Galaxy; Negrotto, A. (Trad.); p. 313). Amorrortu editores. ISBN: 950-518-804-8. https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w24646w/T2_R01.pdf

POTENCIAL ENERGÉTICO DE LA LECHUGA DE AGUA: UNA ALTERNATIVA PARA LA MITIGACIÓN DE SU IMPACTO AMBIENTAL

ENERGY POTENTIAL OF WATER LETTUCE: AN ALTERNATIVE FOR MITIGATION OF ITS ENVIRONMENTAL IMPACT

Ana Laura Acosta Bastar¹, Mariela Alejandra Gómez Mendoza¹, Nancy Guadalupe González Canché², Johannes Cornelis Van der Wal³, Liliana Pampillón González⁴ & Samuel Oporto Peregrino⁵

¹Ingeniera Ambiental y estudiante de la Maestría en Ingeniería, Tecnología y Gestión Ambiental (MITyGA) de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT). ²Maestra y Doctora en Ciencias en Materiales Poliméricos por el Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY A.C.); actualmente investigadora posdoctoral en el Departamento de Agricultura, Sociedad y Ambiente (DASyA) de El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR unidad Villahermosa). ³Doctor en Ecología Agrícola y Conservación de los Recursos Naturales por la Universidad de Wageningen (Holanda); responsable del DASyA-ECOSUR. ⁴Ingeniera Ambiental por la UJAT; Maestra en Ciencias con especialidad en fisicoquímica por el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV unidad Mérida) del Instituto Politécnico Nacional (IPN); Doctora en Ciencias con especialidad en Desarrollo Científico y Tecnológico para la Sociedad por el CINVESTAV (unidad Zacatenco). Ahora profesora-investigadora y responsable del Laboratorio de Bioenergía y Sustentabilidad en la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBio) de la UJAT. ⁵Biólogo, Maestro en Ciencias Ambientales y Doctor en Ciencias en Ecología y Manejo de Sistemas Tropicales por la UJAT. Hoy investigador posdoctoral en el DASyA-ECOSUR.

Laboratorio de Bioenergía y Sustentabilidad, División Académica de Ciencias Biológicas (DACBio); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT); Carretera Federal #180 (Villahermosa-Cárdenas) km 0.5 S/N; entronque a Bosques de Saloya; C.P. 86150. Villahermosa, Tabasco; México.

✉ liliana.pampillon@ujat.mx

 ² 0000-0002-4202-7274  ³ 0000-0002-2765-8596  ⁴ 0000-0003-0216-700X  ⁵ 0000-0001-6111-3103

Como referenciar:

Acosta Bastar, A.L.; Gómez Mendoza, M.A.; González Canche, N.G.; Van der Wal, J.C.; Pampillón González, L. & Oporto Peregrino, S. (2023). Potencial energético de la lechuga de agua: una alternativa para la mitigación de su impacto ambiental. *Kuxulkab'*, 29(64): e6078, mayo-agosto. <https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a29n64.6078>

Disponible en:

<https://revistas.ujat.mx> • <https://revistas.ujat.mx/index.php/kuxulkab>
<https://revistas.ujat.mx/index.php/kuxulkab/article/view/6078>

DOI:

<https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a29n64.6078>

Resumen

La lechuga de agua ("*Pistia stratiotes*" L.) es una planta acuática que se encuentra dentro de las 100 malezas más invasoras en el mundo. En Tabasco, la presencia de esta planta acuática es muy común en los diversos cuerpos de agua del Estado, representando un riesgo para los hábitats acuáticos; por lo que encontrar alternativas para su aprovechamiento, puede contribuir a mitigar dicho riesgo. El objetivo fue valorar el potencial energético de "*P. stratiotes*" L. para su aprovechamiento como fuente de energía renovable. Muestras de dicha planta se obtuvieron en el cuerpo de agua ubicado dentro de la División Académica de Ciencias Biológicas de la UJAT. La determinación del poder calorífico y análisis proximal mostraron que la lechuga de agua presentó propiedades atractivas para su uso como combustible; sin embargo, el alto contenido de humedad es un factor que condiciona su procesamiento térmico, recomendando un pretratamiento o la conversión biológica para la producción de biocombustibles.

Palabras clave: Poder calorífico; Análisis proximal; *Pistia stratiotes*.

Abstract

Water lettuce ("*Pistia stratiotes*" L.) is an aquatic plant among the 100 most invasive weeds in the world. In Tabasco, this aquatic plant is very common in various bodies of water, posing a risk to aquatic habitats. Therefore, finding alternatives for its use can contribute to mitigating this risk. The objective was to assess the energy potential of "*P. stratiotes*" L. for its use as a renewable energy source. Samples of this plant were obtained from the water body located within the Academic Division of Biological Sciences of the UJAT (Universidad Juárez Autónoma de Tabasco). The determination of its calorific value and proximate analysis showed that water lettuce presented attractive properties for use as a fuel; however, its high moisture content is a factor that limits its thermal processing, recommending pretreatment or biological conversion for biofuel production.

Keywords: Calorific value; Proximal analysis; *Pistia stratiotes*.

La lechuga de agua ("*Pistia stratiotes*" L.) es una planta flotante acuática con forma de roseta de hojas obovadas a espatuladas; cuenta con grandes sistemas de raíces plumosas que cuelgan libremente en el agua. Está clasificada como maleza clonal, es decir que forma pequeñas colonia con hijos unidos a la planta madre por medio de estolones; estos hijos se desprenden para formar nuevas colonias (EPPO, 2017).

La distribución original de esta especie es pantropical, considerada nativa de las zonas pantanosas de Sudamérica, las Antillas y regiones cálidas del viejo mundo (EPPO, 2017). Debido a su alta capacidad de adaptación y reproducción, actualmente se encuentra caracterizada dentro de las 100 malezas más invasoras en el mundo (Gallo, Gutiérrez, Torres & Villavicencio, 2018).

En México, esta planta se encuentra en la parte central y sureste del país, con un auge mucho más preponderante en zonas tropicales, como la parte sur del estado de Veracruz y Tabasco, siendo este último uno de los Estados más afectados con la presencia de esta maleza (CONABIO, 2015). En la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol) de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), los altos índices de nutrientes que los animales depositan en la laguna artificial permiten la proliferación de esta maleza, lo cual ha sido identificado como uno de los riesgos ambientales críticos que actualmente enfrentan las especies, los hábitats acuáticos y la biodiversidad en general (Cano & Oropeza, 2019).

El objetivo del presente trabajo es valorar el potencial energético de la lechuga de agua ("*Pistia stratiotes*") como una alternativa de aprovechamiento para este tipo de biomasa vegetal que se genera en cantidades importantes.



Colecta de muestras

La lechuga de agua ("*Pistia stratiotes*" L.) fue colectada manualmente del cuerpo de agua artificial del Centro de Investigación para la Conservación de Especies Amenazadas (CICEA), que forma parte de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol), ubicada en Villahermosa, Tabasco, México (figura 1).

El cuerpo de agua se conserva con características pantanosas debido a su gran aporte de nutrientes, lo que ocasiona que se encuentre eutrofizado y permanezca con grandes cantidades de lechuga ("*Pistia stratiotes*" L.) y jazmín de agua ("*Eichhornia crassipes*" (Mart.) Solms).

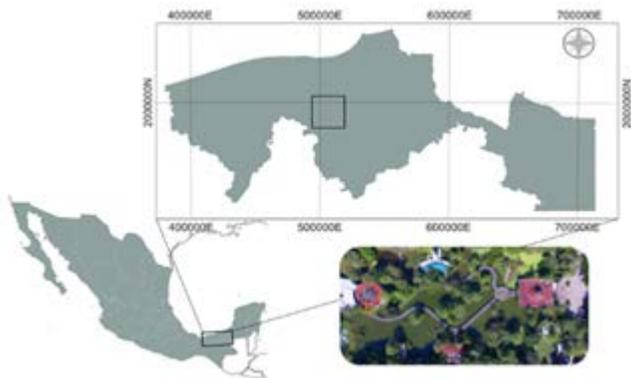


Figura 1. Localización del área de las colectas (creación propia; la fotografía del CICEA es cortesía de la Dirección de Relaciones Públicas de la UJAT).

Tratamiento de las muestras

Las lechugas de agua recolectadas se limpiaron para quitar impurezas y descartando las raíces, conservando las hojas como se muestra en la figura 2. Posteriormente, las hojas se trituraron de manera manual para reducir su tamaño y luego se secaron en un horno, modelo 9053A de la marca ECOSHEL a 80 grados Celsius por 48 horas.



Figura 2. Hojas de lechuguilla de agua ("*Pistia stratiotes*" L.).

Cálculos: análisis proximal

Este se realizó por triplicado para las hojas trituradas y secas, mediante la metodología adaptada de Jimoh, Namadi, Ado & Muktar, 2016, determinando la materia volátil, cenizas y el porcentaje de humedad.

La determinación de la materia volátil se realizó en una mufla a 550 grados Celsius durante 10 minutos, empleando 2 gramos de muestra. Posteriormente, las muestras se retiraron de la mufla para su enfriamiento en un desecador. El porcentaje de materia volátil (MV) se calculó de acuerdo con la ecuación expuesta en la figura 3, donde m_s = masa inicial (masa de la muestra seca); m_f = masa final (masa residual del crisol después de la prueba); ambas expresadas en gramos.

La determinación de cenizas se realizó colocando crisoles con las muestras en una mufla a 550 grados Celsius por 6 horas. Posteriormente, la temperatura se redujo a 120 grados Celsius y ésta se mantuvo por 20 minutos. Finalmente, las muestras fueron retiradas para enfriarse en un desecador a temperatura ambiente para posteriormente pesarlas. Dicho porcentaje de cenizas se calculó con base a la fórmula expuesta en la figura 4, donde m_s = masa inicial (masa de la muestra seca); m_f = masa final (masa residual del crisol después de la prueba); ambas expresadas en gramos. El porcentaje de carbono fijo se calculó usando la fórmula (figura 5), donde MV= Porcentaje de materia volátil; PCen= porcentaje de ceniza.

$$MV = \left[\frac{(m_s - m_f)}{m_s} \right] \cdot 100$$

Figura 3. Fórmula para calcular el porcentaje de materia volátil.

$$PCen = \left[\frac{m_f}{m_s} \right] \cdot 100$$

Figura 4. Fórmula para calcular el porcentaje de cenizas.

$$CF = 100\% - (MV + PCen)$$

Figura 5. Fórmula para calcular el porcentaje de carbono fijo.

Examen del porcentaje de humedad

Este análisis se realizó empleando una termobalanza Yixuanni biaoyi modelo Saitma 2023 a 105 grados Celsius hasta obtener peso constante. El porcentaje de humedad se determinó tanto para las muestras en verde como para muestras secas retiradas en diferentes momentos del proceso de secado. Estas muestras fueron resguardadas para también determinar su poder calorífico.

Diagnóstico del poder calorífico

El poder calorífico se determinó utilizando una bomba calorimétrica, marca APEX-4, para cuatro diferentes porcentajes de humedad de muestras retiradas en diferentes momentos de la etapa de secado.

El procedimiento se inició pesando por triplicado un alambre de níquel-cromo (NiCr) de aproximadamente 15 centímetros y se colocó en un soporte junto con una cápsula con 0.6 gramos de muestra en una camisa adiabática a la cual se le adicionó 10 mililitros de agua desionizada. A continuación, la camisa adiabática se presurizó utilizando oxígeno hasta alcanzar 3 megapascuales (MPa). Posteriormente, la camisa adiabática se colocó dentro de la bomba calorimétrica, para la determinación del poder calorífico.

Resultados y discusiones

La tabla 1 presenta los resultados obtenidos en el análisis proximal para muestras de lechuga de agua secas. Se observa que posterior a un tratamiento de secado de 48 horas, el porcentaje de humedad fue de aproximadamente del 5. En contraste, el porcentaje de humedad presentado por la lechuga de agua en verde fue de casi 95, el cual es concordante al tratarse de plantas macrófitas flotantes, cuyo contenido de agua es bastante importante.

Tabla 1. Análisis proximal de "*Pistia stratiotes*" L.

Parámetro	% en base seca
Humedad	5.76 ± 0.01
Materia volátil	42.99 ± 2.67
Cenizas	28.93 ± 0.02
Carbono fijo	28.08 ± 2.68

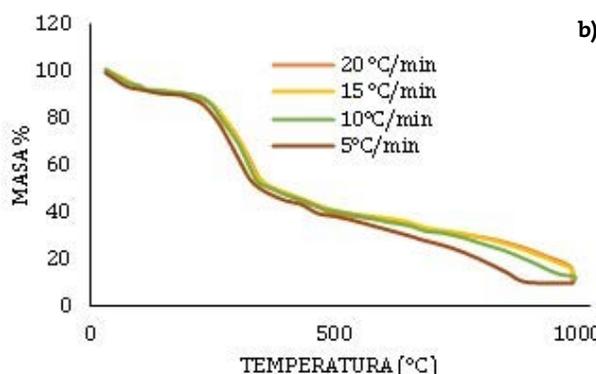
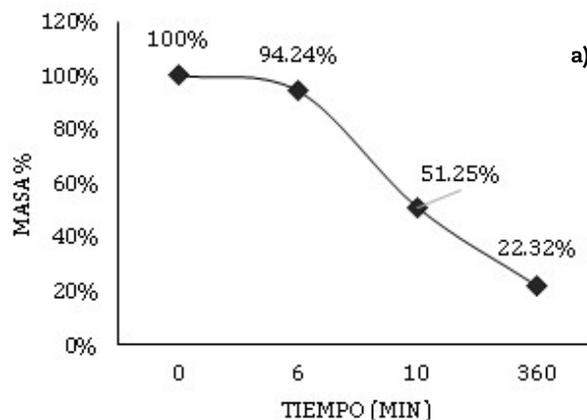
Dado el porcentaje mostrado por la lechuga de agua el tratamiento de secado es importante para aplicaciones energéticas enfocadas al tratamiento físico y densificación de esta. Por otra parte, las muestras mostraron un importante porcentaje de cenizas, aproximadamente del 29, lo que se relaciona con un contenido importante de materia inorgánica presente en las hojas, para el cual sería recomendable determinar su composición, con el fin de determinar su potencial de aprovechamiento. El contenido de cenizas puede tener un impacto en el potencial de incrustaciones y formación de depósitos en equipos de combustión donde se utilice este tipo de biomasa (Gusain & Suthar, 2017).

Ahora bien, las muestras de lechuga presentaron un contenido de materia volátil de aproximadamente del 43 %, el cual se encuentra dentro del contenido presentado por esta macrófita, así como la presentada por otras plantas acuáticas en otros estudios (Gusain & Suthar, 2017). La materia volátil se relaciona con la presencia de hidrocarburos y ácidos orgánicos en la biomasa, dichos compuestos se liberan en forma de gases durante la combustión de esta (Ndudi & Gbabo, 2015; Gusain & Suthar). En este sentido, el valor común del contenido de materia volátil en biomasa suele ser del 80 % según Jimoh *et al.* (2016), por lo que las hojas de lechuga de agua presentan un porcentaje de material volátil inferior al reportado; sin embargo, el porcentaje mostrado por la lechuga de agua revela que esta fuente de biomasa puede ser aprovechada en procesos de biometanización (Gusain & Suthar).

Finalmente, el porcentaje de carbono fijo mostrado por las hojas de lechuga fue de aproximadamente 28 %. Un porcentaje de carbono fijo bajo sugiere que la lechuga de agua puede resultar adecuada para procesos relacionados con biodegradación enzimática y digestión anaerobia (Gusain & Suthar), procesos en los cuales también podría aprovecharse este tipo de biomasa.

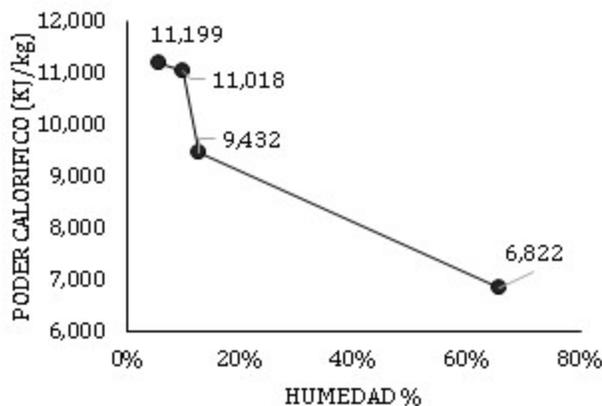
La gráfica 1a) muestra valores de masa residual respecto al tiempo de prueba, de acuerdo a la metodología continua realizada para en análisis proximal de hojas de lechuga de agua secas, en tanto que la gráfica 1b) muestra el termograma reportado por Manozzo, (2016) para la misma planta acuática, en donde pueden observarse similitudes para la degradación de este tipo de biomasa ya que ambos tienen una pérdida de masa menor al 10 % debido a la humedad, una caída de entre 40 y 50% del porcentaje de masa atribuible a la materia volátil, presentando finalmente una masa residual de alrededor al 20 % atribuible al porcentaje de cenizas.

La gráfica 2 expone el efecto del porcentaje de humedad sobre el poder calorífico de la "*P. stratiotes*" donde se aprecia que, a menor porcentaje de humedad el poder calorífico se incrementa, debido a que hay mayor contenido de materia seca y menor contenido de agua por evaporar, lo cual guarda analogía con lo reportado por Garcés & Martínez (2007). Esto también ha sido descrito en otro tipo de biomasa como la madera (Arroyo-Vinueza & Reina-Guzmán, 2016); por lo que la relación entre la humedad y el poder calorífico implica que el secado de la planta "*P. stratiotes*" es importante si se busca obtener el valor energético más alto. En este sentido, el resultado más alto obtenido del poder calorífico fue de 11,199 kilojoules/kilogramo (kJ/kg), el cual guarda concordancia con lo reportado por otros autores (tabla 2). Por lo cual, el poder calorífico mostrado por esta planta resulta atractivo para su aprovechamiento como combustible.



Gráfica 1. Representaciones sobre la pérdida de masa y el termograma para la lechuguilla de agua ("*Pistia stratiotes*").

Notas: a) Pérdida de masa respecto al tiempo y temperatura alcanzada para humedad (105 °C), material volátil y cenizas a (550 °C); b) Termograma de Manozzo (2016) para la especie.



Gráfica 2. Poder calorífico respecto al porcentaje de humedad de la lechuguilla de agua ("*Pistia stratiotes*").

Tabla 2. Comparación del poder calorífico de "*Pistia stratiotes*" L.

Autor	Humedad (%)	Poder Calorífico (kJ/kg)
Lechuga de agua seca en este trabajo	5.76	11,199
Jimoh et al. (2016)	4.21	17,000
Figueiredo (2018)	6.65	14,185
Rosa et al. (2022)	4.8	11,459

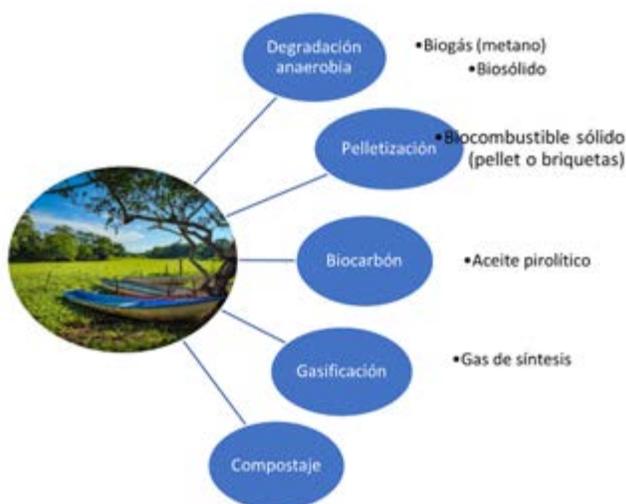


Figura 6. Alternativas energéticas para el aprovechamiento de la lechuguilla de agua ("*Pistia stratiotes*") (Creación propia).

Debido al comportamiento observado en la gráfica 2 y los valores reportados en la tabla 2, puede apreciarse que la obtención de un poder calorífico óptimo para este tipo de macrófitas, se requieren valores de humedad igual o menores al 10 %.

Opciones para su aprovechamiento

La figura 6 muestra algunas alternativas para el aprovechamiento energético de la "*Pistia stratiotes*"; es de resaltar que emplear esta especie como fuente de biomasa además de contribuir a su control como especies invasora, resulta una fuente en la generación de energía ya sea eléctrica o térmica, dependiendo de su procesamiento, así como su uso como combustible o fertilizante.

Aprovechar energéticamente esta biomasa, promueve su extracción continua, reduciendo su expansión y evitando daños a ecosistemas acuáticos. Su biomasa es rica en carbono, lo que la hace aceptable para producir biogás, biocarbón (biochar), bioaceite o electricidad, contribuyendo a reducir la dependencia a los combustibles fósiles.

Conclusiones

La biomasa producida por plantas acuáticas invasoras como la lechuga de agua ("*Pistia stratiotes*" L.) presenta un potencial para uso en producción de energía. Al ser una de las 100 malezas más invasivas del mundo, su aprovechamiento como fuente de energía puede representar una alternativa para mitigar los efectos ambientales de su propagación en cuerpos de agua de Tabasco.

El poder calorífico, así como en análisis proximal a las muestras de lechuga seca mostraron que, este tipo de biomasa tiene un poder calorífico atractivo, sin embargo, su alto contenido de humedad sugiere que una vía de conversión para la obtención de biocombustible sean tratamientos biológicos. Es importante mencionar que el secado es un pretratamiento clave para alcanzar un poder calorífico atractivo, pues de manera similar a otros tipos de biomasa vegetal, el poder calorífico se incrementa al reducir el contenido de humedad.

En este sentido, el uso de energías renovables como la termosolar puede resultar útil para dicho pretratamiento.

Por otra parte, los resultados obtenidos a partir del análisis proximal para esta planta acuática vuelven necesaria la caracterización estructural y de composición elemental que permitan realizar una evaluación integral de su calidad como combustible.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) a través de sus Programas Nacionales Estratégicos (PRONACES) con el proyecto de investigación e incidencia para transitar a un sistema energético social y ambientalmente sustentable 2021, por el financiamiento a la investigación «Plataforma multi-actor para la democracia energética desde iniciativas de economías sociales y solidarias en comunidades rurales-urbanas el estado de Tabasco».

Referencias

- Arroyo-Vinueza, J.S. & Reina-Guzmán, W.S.** (2016). Aprovechamiento del recurso biomasa a partir de los desechos de madera para una caldera de vapor. *Ingenius*, (16): 20–29. <https://doi.org/10.17163/ings.n16.2016.03>
- Cano Godoy, F.A. & Oropeza García, N.A.** (2019). *Lechuguilla de agua en la sabana de Chetumal: propuesta de manejo* (Memorias del Congreso Internacional de Investigación Academia Journals, Chetumal 2019; Vol. 11, No. 3; pp: 205–210). <http://hdl.handle.net/20.500.12249/4135>
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad).** (2015). *Método de Evaluación Rápida de Invasividad (MERI) para especies exóticas en México* (p. 12). Autor. https://www.biodiversidad.gob.mx/media/1/especies/Invasoras/files/Instrutivo_MERI_2020.pdf
- EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization).** (2017, November 17). “*Pistia stratiotes*” L. *EPPO Bulletin / Bulletin OEPP*, 47(3): 537–543. <https://doi.org/10.1111/epp.12429>
- Figueiredo, S.A.** (2018). *Análise do potencial fitorremediador e energético da Biomassa das espécies “Eichhornia crassipes” (aguapé) e “Pistia stratiotes” (alface d’água)* (Dissertação Mestrado em Energias Renováveis). Universidade Federal da Paraíba. <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/13497/1/Arquivototal.pdf>
- Gallo Conrado, N.; Gutiérrez Gualotuña, E.; Torres Rodríguez, G. & Villavicencio Poveda, Á.** (2018). Caracterización energética del lechuguín y pasto alemán con 100%, 50% y 25% de humedad utilizando la bomba calorimétrica adiabática. *Aporte Santiaguino*, 11(1): 31–42. <https://doi.org/10.32911/as.2018.v11.n1.454>

- Garcés Paz, R.V. & Martínez Silva, S.V.** (2007). *Estudio del poder calorífico del bagazo de caña de azúcar en la Industria Azucarera de la Zona de Risaralda* (Tesis de grado como Tecnólogo Químico). Universidad Tecnológica de Pereira. <https://hdl.handle.net/11059/825>
- Gusain, R. & Suthar, S.** (2017). Potential of aquatic weeds ("*Lemna gibba*", "*Lemna minor*", "*Pistia stratiotes*" and "*Eichhornia* sp.") in biofuel production. *Process Safety and Environmental Protection*, 109, 233–241. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2017.03.030>
- Jimoh, A.O.; Namadi, M.M.; Ado, K. & Muktar, B.** (2016). Proximate and ultimate analysis of "*Eichhornia natans*" (Water Hyacinth), "*Pistia stratiotes*" (Water Lettuce) and "*Nymphaea lotus*" (Water Lily) in the production of biofuel. *Advances in Applied Science Research*, 7(4): 243–249. <https://www.scholarscentral.com/pdfs/118620/proximate-and-ultimate-analysis-of-eichhornia-natanswater-hyacinth-pistia-stratiotes-water-lettuceand-nymphaea-lotuswater-lily-in-t.pdf>
- Manozzo, V.** (2016). *Estudo cinético da pirólise das macrófitas: "*Pistia stratiotes*" e "*Eichhornia crassipes*"* (Dissertação Mestrado em Bioenergia). Universidade Estadual do Oeste do Paraná. https://tede.unioeste.br/bitstream/tede/2907/2/Viviane_Manozzo_2016.pdf
- Ndudi Efomah, A. & Gbabo, A.** (2015). The Physical, proximate and ultimate analysis of rice husk briquettes produced from a vibratory block mould briquetting machine. *IJISSET (International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology)*, 2(5): 814–822. https://ijisset.com/vol2/v2s5/IJISSET_V2_I5_121.pdf
- Rosa, T.S.B.S.; Weirich Neto, P.H.; Santos, E.N. dos; Malanowski, B.F.; Antunes, S.R.M. & Souza, N.M. de.** (2022). Thermal potential of macrophytes "*Eichhornia crassipes*" (water hyacinth) and "*Pistia stratiotes*" (water lettuce). *Revista AIDIS de ingeniería y ciencias ambientales: investigación, desarrollo y práctica*, 15(2): 559–571. <https://doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2022.15.2.78246>



ÁRBOL DE MACULÍS *Tabebuia rosea* (Bertol.) Bertero ex A.DC., EN EL «JARDÍN BOTÁNICO JOSÉ N. ROVIROSA».
División Académica de Ciencias Biológicas (DACBIol); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), Villahermosa, Tabasco; México.

Fotografía: cortesía de Marcela Alejandra Cid Martínez.

«La disciplina es no perder de vista lo que se desea alcanzar»

DACBiol



EJEMPLAR DE JABONCILLO (*Sapindus saponaria*), FRENTE A LA BIBLIOTECA «DR. JUAN JOSÉ BEAUREGARD CRUZ».
División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT). Villahermosa, Tabasco; México.

Fotografía: cortesía de Jaquelina Gamboa Aguilar.



KUXULKAB'

División Académica de Ciencias Biológicas; Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

☎ +52 (993) 358 1500, 354 4308 ext. 6415

✉ kuxulkab@ujat.mx

🌐 www.revistas.ujat.mx

Carretera Villahermosa-Cárdenas km 0.5, entronque a Bosques de Saloya. C.P. 86039.
Villahermosa, Tabasco. México.