



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 Larios

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 Sanlucar 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

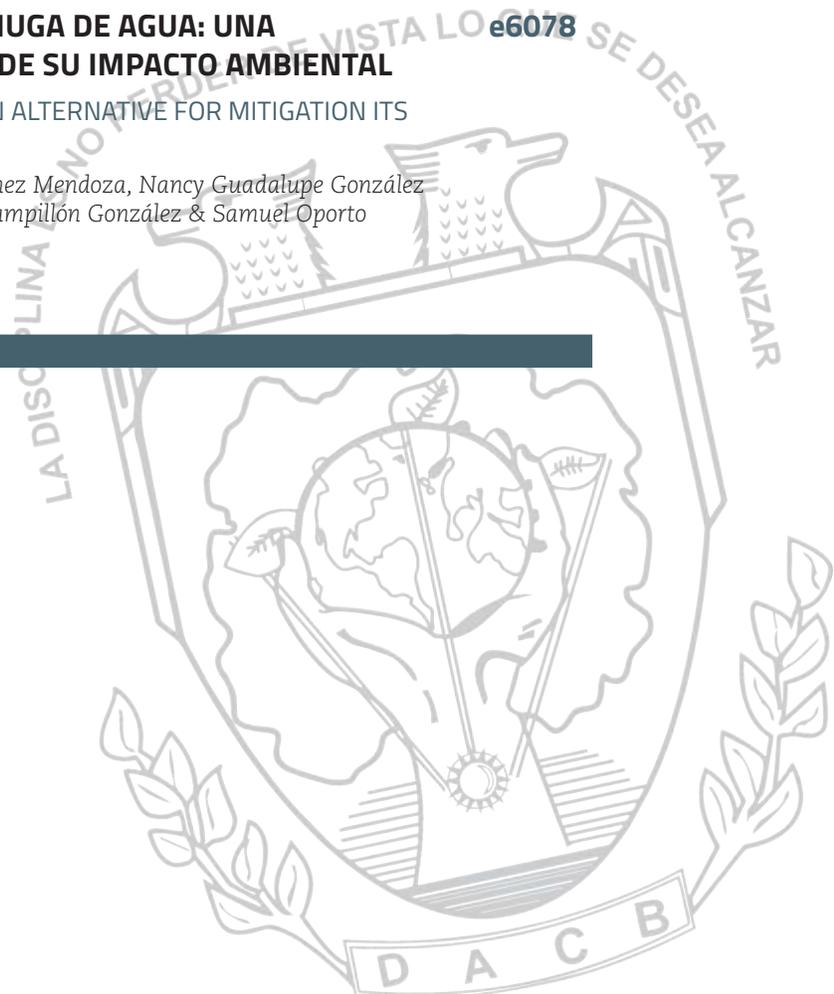
Manuel Antonio García García & Silvia Cappello García

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



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).

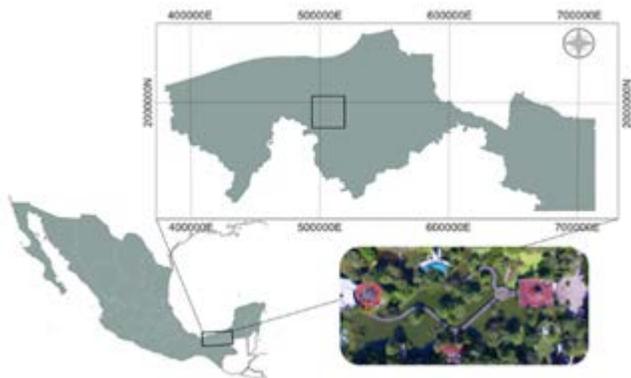


Figura 1. Localización del área de las colectas (creación propia; la fotografía del CICEA es cortesía de la Dirección de Relaciones Públicas de la UJAT).

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 megapascales (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

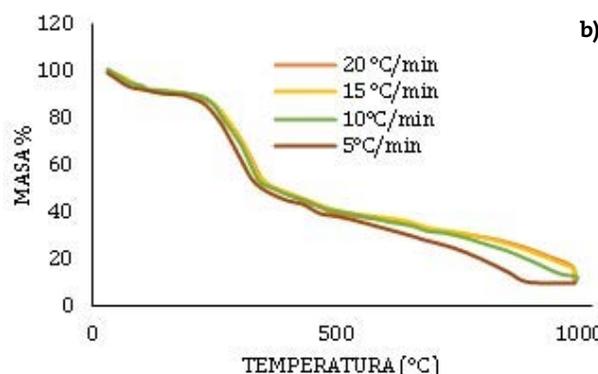
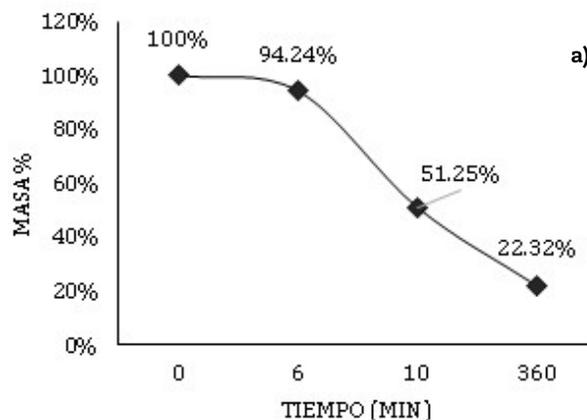
Dado el porcentaje mostrado por la lechuga de agua el tratamiento de secado es importante para aplicaciones energéticas enfocadas al tratamiento físico y densificación de esta. Por otra parte, las muestras mostraron un importante porcentaje de cenizas, aproximadamente del 29, lo que se relaciona con 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.

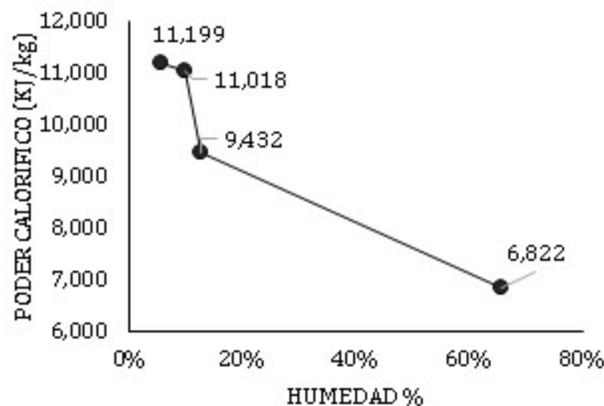
La gráfica 1a) muestra valores de masa residual respecto al tiempo de prueba, de acuerdo a la metodología continua realizada para en análisis proximal de hojas de lechuga de agua secas, en tanto que la gráfica 1b) muestra el termograma reportado por Manozzo, (2016) para la misma planta acuática, en donde 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

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.



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

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.

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 %.

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.