



KUXULKAB'

-Tierra viva o naturaleza en voz Chontal-

Volumen 27

Número 59

Septiembre-Diciembre 2021

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
División Académica de Ciencias Biológicas



OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE **SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS**

Cámara de 12 m

1 FIN DE LA POBREZA	2 HAMBRE CERO	3 SALUD Y BIENESTAR	4 EDUCACIÓN DE CALIDAD	5 IGUALDAD DE GÉNERO
6 AGUA LIMPIA Y SANITARIO	7 ENERGÍA LIMPIA Y ACCESIBLE	8 TRABAJO DECENTE Y CRECIMIENTO ECONÓMICO	9 INDUSTRIA, INNOVACIÓN E INFRAESTRUCTURA	10 REDUCCIÓN DE LAS DESIGNAJES
11 CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES	12 PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES	13 ACCIÓN POR EL CLIMA	14 VIDA SUBMARINA	15 VIDA DE ECOSISTEMAS TERRESTRES
16 PAZ, JUSTICIA E INSTITUCIONES SÓLIDAS	17 ALIANZAS PARA LOGRAR LOS OBJETIVOS			

FENÓLOGÍA

En el mes de agosto, cuando las flores están en plena floración, se puede observar un color rojo intenso en las flores...

```
R Console
> x=seq(from=1, to=10, by=1)
> y=exp(x)
> plot(x,y)
> summary(cars)
      speed      dist
Min.   : 4.0    Min.   : 2.00
1st Qu.:12.0    1st Qu.: 26.00
Median :15.0    Median : 36.00
Mean   :15.4    Mean   : 42.98
3rd Qu.:19.0    3rd Qu.: 56.00
Max.   :25.0    Max.   :120.00
```

Hymenocallis littoralis
La pureza del pantano

La especie *Hymenocallis littoralis* (L.) G. Don, perteneciente a la familia Amaryllidaceae, es una de las 32 especies del género *Hymenocallis* que se distribuyen en México. Este género fue propuesto por el botánico británico Anthony Salisbury de Micklethwait en 1912, agrupando varias especies previamente ubicadas dentro del género *Alstroemeria*, algunas a las cuales posteriormente se les dio el nombre de género *Hymenocallis*. Este nombre se deriva de las palabras griegas *hymen* (membrana) y *callis* (herida, llaga, herida).

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

La *Alstroemeria* es una planta herbácea subscabrosa que puede llegar a crecer hasta 70 cm de alto con bulbos cónicos, de 4.5-7 cm de diámetro y raíces caudales. Sus hojas son simples, lineares, de 50 a 70 cm de largo y 2 a 5 cm de ancho, con el ápice agudo. La inflorescencia consiste de 8-15 flores nubes en un largo racimo que alcanza de entre 60 y 70 cm y brota de la base de la planta. Flores blancas, rosadas, amarillas, lila, o de otros colores. Corollosa, tubular, de 1.8-2.3 cm de largo, 1-1.5 cm de diámetro, aquilón, de 2 cm de largo, el tubo...

Indigofera suffruticosa
El azul de México

Esta especie se conoce como añil o papilla y ha sido usado como fuente de un colorante que se usó para teñir telas azules, púrpuras y amarillos. Este colorante se obtiene de la corteza de la planta, que se machaca y se mezcla con agua para extraer el colorante. Este colorante se usa para teñir telas de algodón, lana y seda. El colorante se obtiene de la corteza de la planta, que se machaca y se mezcla con agua para extraer el colorante. Este colorante se usa para teñir telas de algodón, lana y seda.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

Esta especie es una planta herbácea que puede crecer hasta 3 m de alto. Tiene tallos erectos y pubescentes, con tallos cuadrados y pubescentes. Hojas alternas, bipinnadas, de 10-15 cm de largo y 5-10 cm de ancho. Flores azules o púrpuras, con un tubo de la corolla de 1.5-2 cm de largo. Fruto de hasta 5 mm de largo, con un tubo de 1.5-2 cm de largo, 1-1.5 cm de diámetro, aquilón y 1 tubo. Puntos ligeros...





EJEMPLAR DE GUACAMAYA VERDE (*Ara militaris*): PROGRAMA DE RESGUARDO, PROTECCIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE ESPECIES ENDÉMICAS EN LA UMA DE PSITÁCIDOS.

División Académica de Ciencias Biológicas (DACBio); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT).
Villahermosa, Tabasco; México.

Fotografía: Jesús Ramírez.



UJAT

UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO

“ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE”

ISSN 2448-508X

DIRECTORIO

L.D. Guillermo Narváez Osorio
Rector

Dra. Dora María Frías Márquez
Secretaria de Servicios Académicos

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

Mtro. Jorge Membreño Juárez
Secretario 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. Arturo Enrique Sánchez Maglioni
Coordinador Administrativo, DACBioI-UJAT

M.I.P.A. Araceli Guadalupe Pérez Gómez
Coordinador 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 Sanlúcar Estrada
M.C.A. Alma Deysi Anacleto 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

Srta. Ydania del Carmen Rosado López
Téc. Juan Pablo Quiñonez Rodríguez †

Biól. José Francisco Juárez López
Est. Biól. Gloria Cecilia Arecha Soler

Est. G.A. Diana Cecilia Velázquez Leyva
Est. I.A. José Manuel Ramírez Cruz

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

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, así como también imágenes caricaturescas.

KUXULKAB' se encuentra disponible electrónicamente y en acceso abierto:



Revistas Universitarias (<https://revistas.ujat.mx/>)

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



Repositorio Institucional (<http://ri.ujat.mx/>)

Plataforma digital desarrollado con el aval del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), se cuenta con un acervo académico, científico, tecnológico y de innovación de la UJAT.



Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal (www.latindex.ppl.unam.mx)

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



PERIÓDICA (<http://periodica.unam.mx>)

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



Nuestra portada:

La investigación *in vitro*, el análisis de temas y la planta del mes.

Diseño de:

Fernando Rodríguez Quevedo; División Académica de Ciencias Biológicas, UJAT.

Fotografías de:

Imágenes obtenidas de textos aquí publicados, así como, expuestos en diversos medios (internet por ejemplo).

KUXULKAB', año 27, No. 59, septiembre-diciembre 2021; 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. 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: 06 de septiembre de 2021.

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:

Esperando se encuentren bien, en esta ocasión nos dirigimos para presentar el tercer número de **Kuxulkab'** para este año; dando muestra de que seguimos trabajando para recuperarnos y seguir reforzando esfuerzos para mantener nuestra presencia. Este número, en esta ocasión, cuenta con cuatro aportaciones donde, conoceremos la importancia de la investigación tanto experimental como de gabinete. Es importante recalcar, la presencia de una aportación de la Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Autónoma de Sinaloa; así como otra proveniente de la División Académica de Ingeniería y Arquitectura (DAIA), campus universitario de nuestra UJAT; a quienes le brindamos una fraterna bienvenida.

En constancia a nuestra forma de trabajo, proporcionamos una breve sinopsis de las aportaciones que conforman esta publicación:

«**¿Es importante monitorear la presenencia de metales pesados en lagunas de Sinaloa utilizando moluscos bivaldos?**»; escrito donde se proporcionan datos relacionados al uso de bivaldos como bio-monitores para determinar la presencia y concentraciones de metales en lagunas costeras impactadas principalmente por descargas agrícolas.

«**Efectos del pH y temperatura en lagunas de estabilización de un campus universitario**», aportación donde se expone el resultado del monitoreo y evaluación de las lagunas de estabilización utilizadas en la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBIOL) de la UJAT.

«**El análisis de datos de COVID-19: un incentivo para el desarrollo de herramientas con 'R'**»; participación donde los autores, muestran el apoyo que el programa 'R' brinda en el manejo de información, particularmente, lo relacionado a la actual pandemia; todo con la finalidad de motivar el uso de este software.

«**Red universitaria en pro de la educación para la construcción sustentable: un compromiso socio-profesional**»; texto donde se hace la comprensión y discusión respecto a la sustentabilidad así como de la educación ambiental; dando parte a la propuesta de conformar una red con compromiso académico dirigido a la arquitectura sustentable en Tabasco.

Por otro lado, continuamos con nuestra sección «**Apuntes de la flora de Tabasco**», donde se expone información taxonómica, etimología, descripción morfológica, nombres comunes y datos generales sobre especies presentes en el estado de Tabasco. Este esfuerzo, forma parte del apoyo de nuestros colaboradores en la generación de conocimiento científico para la sociedad.

Como siempre, 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

¿ES IMPORTANTE MONITOREAR LA PRESENCIA DE METALES PESADOS EN LAGUNAS DE SINALOA UTILIZANDO MOLUSCOS BIVALVOS? 05-18

IS IT IMPORTANT TO MONITOR THE PRESENCE OF HEAVY METALS IN SINALOA LAGOONS USING BIVALVE MOLLUSKS?

Carlos Humberto Sepúlveda, María Isabel Sotelo Gonzalez, Manuel García Ulloa, Andrés Martín Góngora Gómez, Martín Gabriel Frías Espericueta, Rebeca Sánchez Cárdenas & Carmen Cristina Osuna Martínez

EFFECTOS DEL pH Y TEMPERATURA EN LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN DE UN CAMPUS UNIVERSITARIO 19-29

THE pH AND TEMPERATURE EFFECTS IN STABILIZATION PONDS AT A UNIVERSITY CAMPUS

Jennifer Guzmán Pérez, Citlali Vianey Cruz Hernández, Pamela Torres Castro, Verónica Isidra Domínguez Rodríguez, Randy Howard Adams Schroeder, Eduardo Baltierra Trejo & Rodolfo Gómez Cruz

EL ANÁLISIS DE DATOS DE COVID-19: UN INCENTIVO PARA EL DESARROLLO DE HERRAMIENTAS CON R 31-44

COVID-19 DATA ANALYSIS: AN INCENTIVE FOR TOOL DEVELOPMENT WITH R

Sergio Ramos Herrera & Jesús Manuel Carrera Velueta

RED UNIVERSITARIA EN PRO DE LA EDUCACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE: UN COMPROMISO SOCIO-PROFESIONAL 45-62

UNIVERSITY NETWORK IN FAVOR OF EDUCATION FOR SUSTAINABLE CONSTRUCTION: A SOCIO-PROFESSIONAL COMMITMENT

Marcela Zurita Macías Valadez

Apuntes de la flora de Tabasco:

'*Hymenocallis littoralis*' (Jacq.) Salisb.; LA PUREZA DEL PANTANO 63-65

'*Hymenocallis littoralis*' (Jacq.) Salisb.; THE PURITY OF THE SWAMP

Ricardo Cobos Hernández, Nelly del Carmen Jiménez Pérez, María de los Ángeles Guadarrama Olivera, Mariana Ortiz Guadarrama & Mauricio Labastida Astudillo

'*Indigofera suffruticosa*'; EL AZUL DE MÉXICO 67-69

'*Indigofera suffruticosa*'; THE BLUE OF MEXICO

Nelly del Carmen Jiménez Pérez, Eduardo Javier Moguel Ordóñez, María de los Ángeles Guadarrama Olivera, Mariana Ortiz Guadarrama & Mauricio Labastida Astudillo



EFECTOS DEL pH Y TEMPERATURA EN LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN DE UN CAMPUS UNIVERSITARIO

THE pH AND TEMPERATURE EFFECTS IN STABILIZATION PONDS AT A UNIVERSITY CAMPUS

Jennifer Guzmán Pérez¹, Citlali Vianey Cruz Hernández¹, Pamela Torres Castro¹, Verónica Isidra Domínguez Rodríguez², Randy Howard Adams Schroeder³, Eduardo Baltierra Trejo⁴ & Rodolfo Gómez Cruz⁵✉

¹Estudiante de la Licenciatura en Ingeniería Ambiental en la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBioI) de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT). ²Doctora en Ciencias; profesora-investigadora y colaboradora en el Cuerpo Académico de Ciencias Ambientales (CACIAM), en la DACBioI-UJAT. Sus áreas de especialidad son: contaminación ambiental, remediación de suelos, aplicación de biocamas para tratamiento de plaguicidas. ³Doctor en Ciencias; profesor-investigador y colaborador en el CACIAM, en la DACBioI-UJAT. Especialista en: contaminación ambiental, caracterización de sitios contaminados, evaluación de riesgo y remediación de sitios contaminados. ⁴Colaborador en el CACIAM en la DACBioI-UJAT. ⁵Doctor en Biotecnología Ambiental, profesor-investigador y colaborador en el CACIAM de la DACBioI-UJAT.

Centro de Investigación para la Conservación y Aprovechamiento de Recursos Tropicales (CICART), División Académica de Ciencias Biológicas (DACBioI); 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.

✉ rodolfo.gomez@ujat.mx

0000-0002-9071-4626 0000-0001-9325-0049
 0000-0002-4471-3745

Como referenciar:

Guzmán Pérez, J.; Cruz Hernández, C.V.; Torres Castro, P.; Domínguez Rodríguez, V.I.; Adams Schroeder, R.H.; Baltierra Trejo, E. & Gómez Cruz, R. (2021). Efectos del pH y temperatura en lagunas de estabilización de un campus universitario. *Kuxulkab'*, 27(59): 19-29, septiembre-diciembre. <https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a27n59.4038>

Disponible en:

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

DOI: <https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a27n59.4038>

Resumen

Las lagunas de estabilización son reactores bioquímicos complejos y representan una de las alternativas más viables para el tratamiento de aguas residuales en los campus universitarios, ya que requieren bajo costo de operación, poco mantenimiento y pueden usarse como biomaterial didáctico. Se monitoreó *in situ* la calidad del tratamiento de 106,020 m³/día de aguas residuales, por medio de la temperatura y el pH, a tres horas y profundidades diferentes, en el sistema de estabilización del campus de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBioI), de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), durante 30 días, en los meses de octubre y noviembre del 2019. Dadas las temperaturas máximas registradas de 28 °C y 26 °C en el afluente y efluente, respectivamente, y el pH máximo de 7.4 obtenido, en la laguna anaerobia-facultativa, tendiendo a ser ligeramente ácido por la mañana, este sistema de estabilización requiere mantenimiento para mejorar su eficacia.

Palabras clave: Aguas residuales; Monitoreo; *in situ*; Afluente; Efluente.

Abstract

Stabilization ponds are complex biochemical reactors and represent one of the most viable alternatives for wastewater treatment in university campuses, as they require low cost of operation, low maintenance, and can be used as educational biomaterial. The treatment quality of 106,020 m³/day of wastewater was monitored *in situ* by means of temperature and pH, at three hours and different depths, in the campus stabilization system of the División Académica de Ciencias Biológicas (DACBioI), from the Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), for 30 days, in the months of October and November 2019. Due to the maximum temperatures recorded of 28 °C and 26 °C in the affluent and effluent, respectively, and the maximum pH of 7.4 obtained in the anaerobic-facultative lagoon, tending to be slightly acidic in the morning, this stabilization system requires maintenance to improve its effectiveness.

Keywords: Sewage water; Monitoring; *in situ*; Affluent; Effluent.

El agua es un recurso esencial para la vida y la buena salud. Sin embargo, casi todas las actividades del hombre dan como resultado la generación de desechos. Esto es más evidente en el caso del uso del agua, ya que aproximadamente el 80 % del agua termina como aguas residuales (ARs) (Omole, Alade, Emenike, Tenebe, Ogbiye & Ngene, 2017).

En un sentido amplio, las ARs se pueden clasificar en aguas residuales domésticas (también llamadas ARs), ARs industriales y ARs municipales, que es una mezcla de las dos (Emenike, Tenebe, Omole, Ndambuki, Ogbiye & Sojobi, 2015). Las ARs se consideran uno de los principales contaminantes del agua, por lo que cada metro cúbico (m³) de ARs sin tratar puede contaminar seriamente entre 40 y 60 m³ de agua dulce (Alder, Golet, Ibric & Giger, 2000).

Las aguas residuales domésticas son una mezcla compleja de materiales orgánicos e inorgánicos (Emenike, Tenebe, Omole, Ndambuki, Ogbiye & Sojobi, 2015). Las ARs son líquidos cuyas propiedades físicas, químicas o biológicas se modifican ante la presencia de determinados solutos, como resultado de las actividades humanas, y representan un peligro al hombre y al ambiente por su alta concentración de microorganismos patógenos y compuestos tóxicos (Liao, Bai, Huo, Jian, Hu, Zhao & Qu, 2018). Es por eso que su tratamiento es un proceso necesario para eliminar los contaminantes biológicos, químicos y físicos que estén presentes. El objetivo de estos procesos es convertir las ARs en un desecho líquido y sólido (lodo) respetuoso con el medio ambiente que se pueda verter de forma segura en tierra y mar (Galeano & Rojas, 2016).

El término aguas residuales domésticas (ARs) podría significar cualquier agua que nunca más se necesite, ya que supuestamente no se pueden obtener más ventajas de ella. Pero, la reutilización de ARs es una práctica que ha evolucionado y avanzado a lo largo de la historia de la humanidad. Como resultado de la rápida urbanización, existe una mayor demanda y atención a la recuperación y reutilización de ARs (Angelakis & Snyder, 2015).

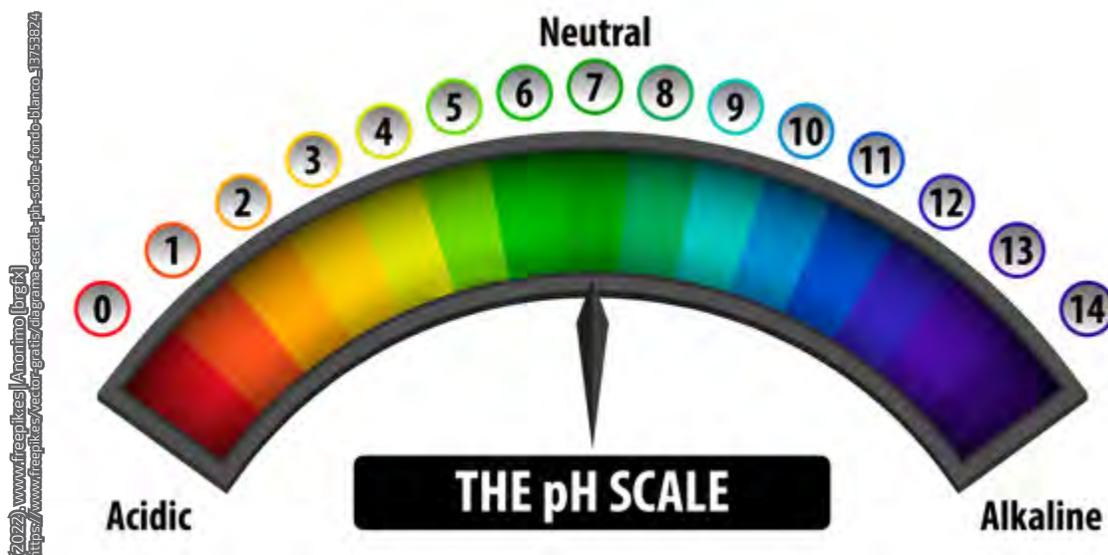
Residuos generados de laboratorios

La Administración de Capacitación en Salud y Seguridad Ocupacional ("Occupational Safety & Health Training, OSHAcademy") curso 757, define un laboratorio como: *un lugar de trabajo en el que se emplean cantidades relativamente pequeñas de productos químicos, cuya base no es la producción*. Abarca instalaciones para enseñanza, ensayos químicos, pruebas clínicas, control de calidad, así como desarrollo de áreas médicas y de ingeniería (OSHAcademy, 2022).

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) (Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos, 2022) y la Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos del Estado de Tabasco (Gobierno del Estado de Tabasco, 2019) establecen que los residuos peligrosos *<son aquellos que poseen alguna de las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad o que contienen agentes infecciosos que le confieran peligrosidad, así como envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfieran a otro sitio y por tanto, representan un peligro al equilibrio ecológico o el ambiente>* y *<son aquellos que poseen alguna*

«Residuos peligrosos: aquellos que poseen alguna de las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad o que contienen agentes infecciosos que le confieran peligrosidad, así como envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfieran a otro sitio y por tanto, representan un peligro al equilibrio ecológico o el ambiente»

Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos (2022)



de las características Corrosivo, Reactivo, Explosivo, Tóxico, Inflamable y Biológico-infeccioso (CRETIB) que les confieren peligrosidad, así como los envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados con ellos», respectivamente.

Las actividades de laboratorio, originan residuos que provienen de los desechos de procesos de rutina y de los reactivos químicos descartados, los cuales integran hasta un 50 % del total, y demandan, además del costo de adquisición, una inversión para su tratamiento. Estos se desechan porque caducaron, no cumplen especificaciones, se contaminaron durante su manejo, son muestras inservibles, sobrantes de soluciones preparadas, excedentes existentes por la compra excesiva, o se adquirieron para proyectos cancelados e investigadores que ya no trabajan en el laboratorio (Freeman, 1998; OSHAcademy). El daño que estas sustancias pueden causar a la salud humana depende, en primera instancia, de su grado de toxicidad, de los volúmenes generados y de su capacidad de persistencia para alcanzar concentraciones suficientes que causen efectos nocivos, y respecto al impacto ambiental, puede ejercer un efecto contaminante en el suelo, agua superficial y agua subterránea, que conduce a los fenómenos de salinización, lluvia ácida, eutrofización, cambios en el clima, el paisaje y los ecosistemas (Bedient, Rifai & Newell, 1994).

Las instituciones de enseñanza e investigación representan un porcentaje significativo, pero aún no cuantificado en cifras oficiales, del número total de generadores de cantidades pequeñas. Aunque no es posible comparar los residuos peligrosos generados durante las prácticas académicas con los de otros generadores, es innegable que durante el proceso de enseñanza e investigación se producen cientos de diferentes residuos peligrosos por año (Elizondo, 1999).

La División Académica de Ciencias Biológicas (DACBio) de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), cuenta con laboratorios y plantas pilotos de docencia para el pregrado y apoyo al posgrado, donde se realizan prácticas de bioquímica, fisicoquímica, análisis químico, microbiología, entre otras asignaturas. En los laboratorios de investigación científica se desarrollan las líneas de generación y aplicación del conocimiento (LGAC) de los grupos de investigación y cuerpos académicos (CA), y también se apoya al posgrado. Asimismo, están los laboratorios de la Unidad de Vinculación de Productos y Servicios (UVPyS), antes COVINSE (Coordinación de Vinculación y Servicios), (Moguel, Pacheco, Valdez, Gama, Jiménez & Padrón, 2014).

En todos estos sitios se generan residuos y varios de tipo peligroso, dentro de las características <Corrosivo, Reactivo, Explosivo, Tóxico, Inflamable y Biológico-infeccioso (CRETIB)>.

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la DACBioI

La División Académica de Ciencias Biológicas (DACBioI-UJAT) desde su creación en 1979, a través del Instituto de Biología, y en 1982 como Escuela de Biología con 80 estudiantes; ha propiciado aguas residuales domésticas (ARs) que se generan a partir de actividades humanas, como consecuencia de los residuos producidos en los sanitarios, cafetería y laboratorios de docencia e investigación científica.

Estás ARs consisten principalmente en heces, orina y sólidos, siendo aproximadamente 99 % de agua (H₂O) y 1 % de sólidos (WWAP, 2017). Estos sólidos orgánicos e inorgánicos, son aproximadamente 70 % (principalmente proteínas, carbohidratos y ácidos grasos) y aproximadamente 30 % (entre arenas, sales y metales) (Arthur, 1986), y pueden abarcar 1x10⁸ a 1x10⁹ microorganismos/L (DNR, 2010), conteniendo concentraciones altas de patógenos (bacterias coliformes) y, además, la presencia de compuestos químicos obtenidos por el hombre y difíciles de biodegradar (Cd²⁺, Cu²⁺, Cr³⁺, Ni²⁺, ³⁺, Pb²⁺ y CN⁻), y contaminantes básicos (pH, T, DBO, entre otros) (Reyes, Laines & Diaz, 2011).

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) ubicada en la DACBioI, como sistema doméstico para el tratamiento de ARs, con capacidad de 40 m³/día, inició sus operaciones en el año 2005, fue desfasada (300 %) y en desuso por su capacidad de diseño, ya que en 2013 se estaban generando 120 m³/día (Canto & López, 2013).

Lagunas de estabilización

Las lagunas de estabilización (LE) o sistemas lagunares, se han usado ampliamente para tratar aguas residuales desde hace 3,000 años (CNA, 2007a; Ochoa, Estrada & Hoch, 2016) y son reactores bioquímicos complejos, donde se toman en cuenta las condiciones ambientales para determinar su forma de operación, más que el tipo de modelo matemático que se emplea para su diseño (Arceivala, Mortens & Siddlandep, 1970); asimismo, es una opción viable para el tratamiento de ARs en países en desarrollo, particularmente las regiones con climas tropicales proporcionan condiciones ambientales que

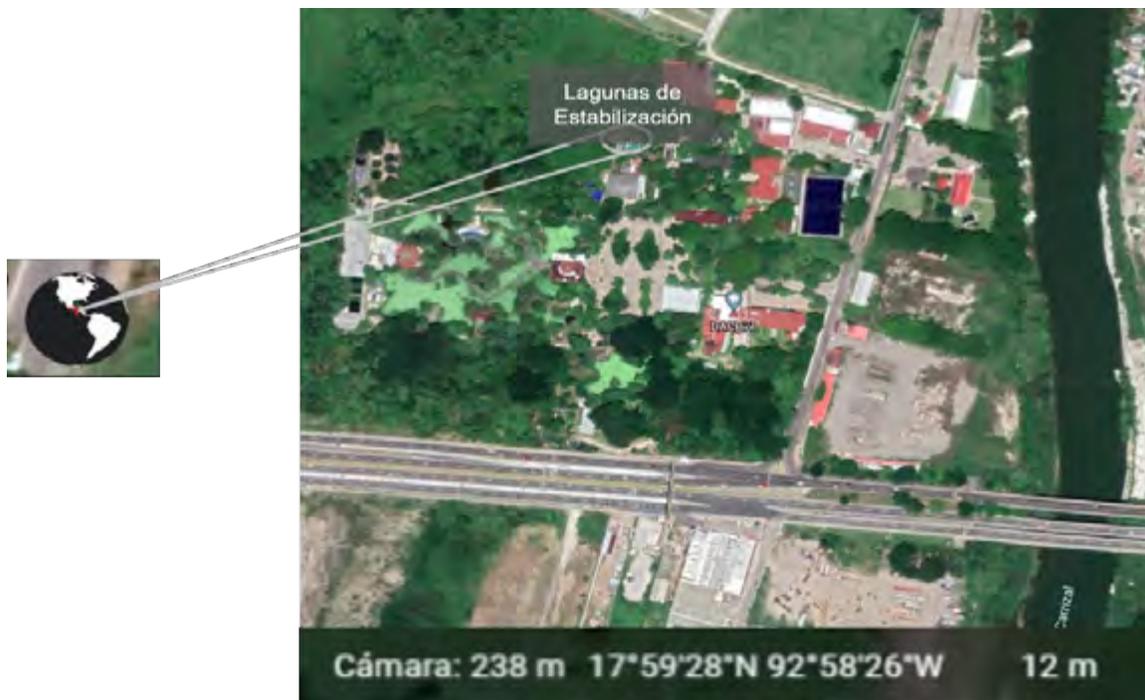
favorecen la eficiencia en la remoción de contaminantes. Algunas ventajas importantes son: operación sencilla, construcción económica y poco personal (Cortés-Martínez, Treviño-Cansino, Alcorta-García, Sáenz-López & González-Barrios, 2015; Treviño & Cortés, 2016; Cortés, Treviño & Tomasini, 2017).

También, las LE son estanques excavados con el objeto de almacenar agua residual con largos periodos de retención. En estas se realiza un tratamiento por medio de la actividad bacteriana con relaciones simbióticas de algas y otros organismos (Rolim & Rojas, 2000; CNA, 2007b, 2007c). Las LE tienen tres objetivos básicos: a) remoción de la materia orgánica de las ARs; b) remoción de nutrientes: N y P; y c) eliminación de microorganismos patógenos. Según Shelef & Kanarek (1995); Rolim & Rojas (2000); CNA (2007a) y Cortés-Martínez *et al.* (2017), las LE presentan ventajas y desventajas, y el tipo de comunidad biológica que se desarrolla para la eficiencia del tratamiento depende de unos 15 factores, entre ellos la temperatura y el pH.

Las LE se clasifican en cuatro tipos: anaerobias, facultativas, de maduración o pulimento y aerobias de alta tasa; también se clasifican de acuerdo con la función del lugar que ocupan, el propósito del tratamiento y la secuencia de unidades del proceso; el arreglo de lagunas más completo es de tres: anaerobia, facultativa y de maduración (Rolim & Rojas). Las algas junto con las bacterias conforman los dos componentes biológicos principales de las lagunas facultativas (CNA, 2007a).

La mayor parte de la estabilización de las ARs se logra mediante la actividad microbiana, principalmente. Las bacterias anaerobias-facultativas tienen capacidades metabólicas en ausencia y presencia de oxígeno, libres o combinadas para utilizar el nitrato (NO₃⁻) como aceptor final de electrones, por lo tanto, se pueden distribuir en las áreas o zonas donde tengan mayor ventaja competitiva sobre las demás. También, en la maduración o pulimento, se generan altos niveles de pH y oxígeno disuelto debido a la actividad fotosintética de las algas, eliminando patógenos excretados a reducciones de 4-6 unidades logarítmicas de coliformes fecales, 2-4 unidades logarítmicas para virus fecales y 100 % de eliminación de parásitos (Mara, Mills, Pearson & Alabaster, 1992).

Los procesos biológicos más importantes que tienen lugar en las lagunas de maduración o pulimento son: a) oxidación de la materia orgánica por la respiración de las bacterias aerobias, y b) producción fotosintética algal de oxígeno a partir de CO₂.



Fotografía 1. Localización de las lagunas de estabilización en la División Académica de Ciencias Biológicas, UJAT.

La población biológica comprende bacterias y algas principalmente, así como protozoarios y rotíferos, en menor medida. Las bacterias que realizan la degradación de la materia orgánica en esta laguna en presencia de oxígeno pertenecen a los géneros *Pseudomonas*, *Zoogloea*, *Achromobacter*, *Flavobacterium*, *Nocardia*, *Mycobacterium*, *Nitrosomonas* y *Nitrobacter*. Las algas constituyen la mejor fuente de oxígeno, para mantener las condiciones aerobias, mientras que los protozoarios y rotíferos ayudan a mejorar la calidad del efluente al alimentarse de las bacterias (CNA, 2007a).

Desde el año 2013 se justificaron las LE anaerobia-facultativa y maduración en la DACBiol-UJAT, como una alternativa viable de solución para la eficiencia de depuración y así cubrir el tratamiento de 114 m³/día de aguas residuales en una población de 2,400 alumnos (0.06 m³/estudiante/día) (Canto & López). Las poblaciones estudiantiles de pregrado y posgrado disminuyeron a 1,767 (26.4 %), en el año 2019 y, por lo tanto, la necesidad de tratamiento de aguas residuales también se redujo a 106,020 m³/día. En cuanto al pH, cualquier pequeño cambio en el agua residual significa un gran cambio en este parámetro. Por ejemplo, en

pH 7 hay 10 veces más acidez que pH 8, y en pH 7 hay 100 veces más acidez que en pH 9; por lo tanto, se recomienda ajustar el pH con alta precisión. De acuerdo a las Normas Mexicanas NMX-AA-007- SCFI-2013 y NMX-AA-008-SCFI-2016 (Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos, 2014; 2016), los valores de temperatura y pH son un criterio de calidad del agua muy importante, tanto para la protección de la vida acuática, como para las fuentes de abastecimiento de agua potable.

Así, el análisis fisicoquímico de un agua residual es de vital importancia para conocer la magnitud de las cargas que llegan a un cuerpo receptor, permitiendo determinar el tratamiento que se deba efectuar para disminuir la contaminación y evaluar la eficiencia de cualquier planta de tratamiento (Giraldo, 1995).

Supuesto y propósito del estudio

El valor de pH en las lagunas de estabilización (LE) viene determinado, fundamentalmente, por la actividad fotosintética del fitoplancton y la degradación de la materia orgánica por bacterias.

Fecha Año: 2019 día/mes	Hora (h)	N° de muestra	Afluyente (LE anaerobia-facultativa)			Efluente (LE de maduración o pulimento)		
			Profundidad (cm)	pH	T (° C)	Profundidad (cm)	pH	T (° C)
08:00		1	10			15		
		2	20			30		
		3	30			45		
12:00		1	10			15		
		2	20			30		
		3	30			45		
16:00		1	10			15		
		2	20			30		
		3	30			45		

Figura 1. Valores de pH y temperaturas obtenidos en el muestreo de las lagunas de estabilización.

Cuando las lagunas facultativas están operando correctamente, el pH presenta valores ligeramente alcalinos, del orden de 7.5 - 8.5; asimismo, la fotosíntesis depende de la radiación solar. Entonces, el pH de las lagunas facultativas deberá presentar variaciones durante el día y el año, obteniéndose valores de pH más altos a mayor intensidad luminosa.

El objetivo fue monitorear y evaluar el comportamiento de la dinámica de temperatura y pH del sistema de lagunas de estabilización utilizadas en tiempo real para el tratamiento de aguas residuales de la División Académica de Ciencias Biológicas-UJAT, de acuerdo a las Normas Mexicanas NMX-AA-007-SCFI-2013 y NMX-AA-008-SCFI-2016, durante 30 días, en tres horarios y profundidades diferentes.

Realización del estudio

Tal trabajo se efectuó en las lagunas de estabilización (LE) ubicadas en la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol) de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), y la cual está localizadas en la Carretera Federal #180 (Villahermosa-Cárdenas) km 0.5 S/N, entronque a Bosques de Saloya; C.P. 86150 Villahermosa, Tabasco, México (fotografía 1).

Los materiales y equipos que se utilizaron durante las mediciones en el campo fueron los siguientes: tablas de campo, formatos, libreta de anotaciones, lapicero, marcador permanente, cinta adhesiva, jeringa desechable de 10 mL (sin aguja), vaso de precipitado de 100 mL,

guantes desechables, palo de madera de 60 cm de largo, cinta métrica e hilo. Asimismo, un potenciómetro de campo, marca HANNA, modelo HI98128; soluciones Buffers pH 4, 7 y 10, y una piseta con agua destilada.

Procedimiento en el campo. Se prepararon los materiales, equipo e insumos necesarios para la recolección de datos con tomas de muestras (físicoquímico *in situ*) y mediciones de las aguas del afluyente y efluente (a tres profundidades) tres veces al día (08:00, 12:00 y 16:00 horas) y por triplicado (figura 1), del 21 de octubre al 22 de noviembre del 2019; esto para determinar la eficiencia del tratamiento de las ARs que descargan en las LE anaerobias-facultativas y de maduración o pulimento.

Muestreo. Se generó y adaptó el material de muestreo, en un palo de madera y utilizando una cinta métrica, se hicieron marcas en rangos de altura de 10 a 45 cm, con intervalos de 5 cm.

A continuación, se colocó la cinta adhesiva en cada marca y se etiquetó, tomando en cuenta la altura. Posteriormente, se instaló una jeringa desechable de tal forma que el pivote quedara a la altura de 10 cm. Finalmente, se acondicionó un hilo de 60 cm de largo con el soporte del émbolo de la jeringa.

Técnica. Se muestreó el afluyente y el efluente de las lagunas de estabilización (LE) anaerobia-facultativa y maduración en la DACBiol-UJAT, a tres profundidades diferentes (tomando en cuenta el caudal diario).

Se aseguró que el pistón del hule de la jeringa tocará el pivote de la misma. Acto seguido, se introdujo el palo de madera en el afluente de las LE anaerobia-facultativa y maduración a 10 cm y se jaló el hilo para poder obtener la muestra, la cual se transfirió inmediatamente a un vaso de precipitado de 100 mL y se midió el pH con un potenciómetro previamente calibrado. Se repitió la misma operación para las dos profundidades siguientes, tanto del afluente como del efluente de las LE. Los datos obtenidos diariamente y por triplicado, se sumaron y se generaron las medias con la ayuda de una hoja de cálculo electrónica.

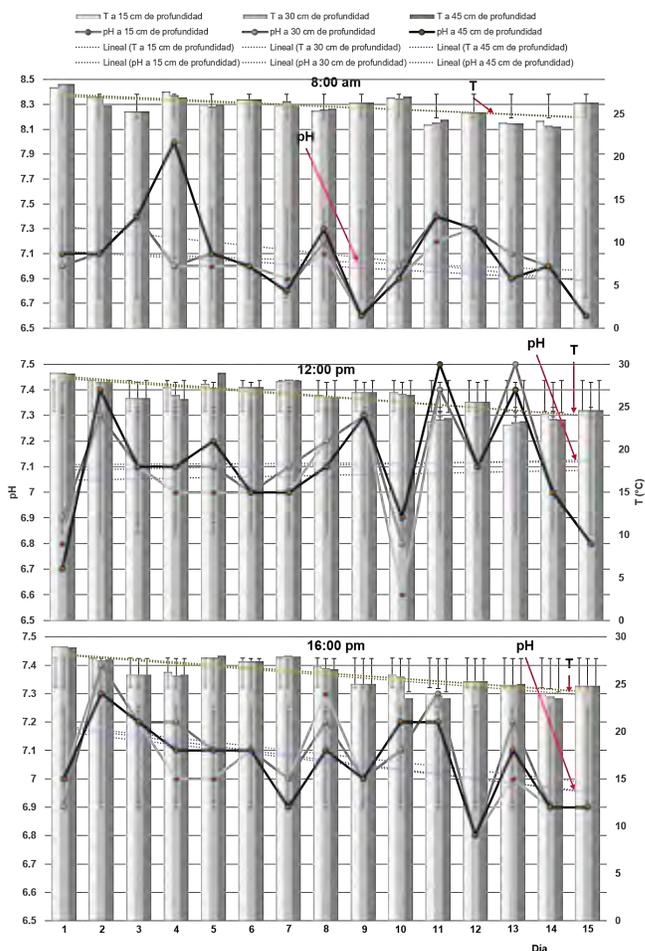
Resultados

Afluente. Los datos obtenidos de 30 días de muestreo durante octubre a noviembre del 2019, por triplicado, a tres horarios y profundidades diferentes, en la laguna de estabilización de tipo anaerobia-facultativa (gráfica 1), generalmente denotan que el pH es directamente proporcional a la temperatura (T). Los valores menores de pH, 7.4 y 7.2 se obtuvieron en los muestreos realizados a las 12:00 y 16:00 horas, respectivamente, donde se registraron habitualmente las menores temperaturas (24 °C).

Por otra parte, se observa que las líneas de tendencias de temperaturas disminuyen en los muestreos realizados durante las 08:00 y 16:00 horas a ritmo constante, contrario a la de temperaturas en los muestreos realizados durante las 12:00 horas (gráfica 1). Asimismo, se observa una fluctuación contraria de la relación de los valores obtenidos de pH y T entre las 08:00 y 16:00 horas, donde la temperatura influye muy poco y sensiblemente en la variación del pH, respectivamente (gráfica 1).

Las muestras del día 11 se detectaron las menores T y los valores de pH tuvieron menores variaciones en los horarios de 12:00 y 16:00 horas, contrario a los obtenidos en el horario de las 08:00 horas (gráfica 1). En las horas diurnas, en este tipo de sistemas se observaron de una manera general diferencias importantes de temperatura y pH con respecto a la profundidad, en donde hubo una disminución promedio hasta de 3.5 °C en 15 días de muestreo (gráfica 1). Sin embargo, el pH tiende a ser un ambiente ácido en las horas de la mañana.

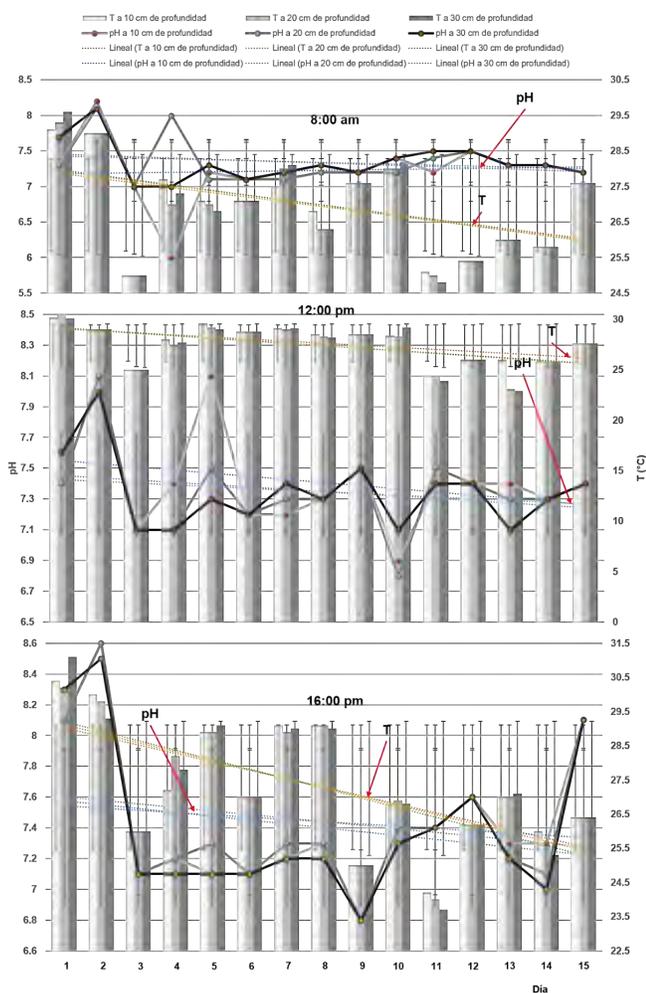
Efluente. De acuerdo con la gráfica 2 se puede observar que la relación pH con la temperatura (T) fueron directamente proporcionales a las 08:00 y 16:00 horas en la laguna de maduración, a excepción de las 12:00 horas, donde la T descendió y el pH aumentó. Sin embargo, las menores temperaturas se registraron en el muestreo de las 16:00



Gráfica 1. Afluente: relación del pH y la temperatura en función de la hora, día y profundidad.

horas, con valores de pH iguales o cercanos a 7, a excepción en el muestreo de las 08:00 horas, donde los valores de pH fueron menores a 7. A mediodía se puede observar también que hubo mucha variación de los valores de pH, a pesar que la T se mantuvo constante.

Finalmente, al comparar los parámetros fisicoquímicos (T y pH) entre el afluente y el efluente (gráfica 3) para el tratamiento de aguas residuales de la DACBiol-UJAT, en función de la hora, día y profundidad, se obtuvieron temperaturas y valores de pH ligeramente mayores en el afluente (7.3-7.4), en comparación con el efluente (7.0). Aunque en el efluente se observaron menores temperaturas y valores de pH (26 °C, 7.0) con respecto al afluente (27-28 °C, 7.3-7.4), pero no se obtuvo mucha variación de temperatura y pH con relación a la



Gráfica 2. Efluente: relación del pH y la temperatura en función de la hora, día y profundidad.

profundidad de donde fueron colectadas las muestras. En el efluente no se observó variación de temperatura y pH en función de las profundidades seleccionadas para la toma de muestras (gráfica 3).

Discusión

Se obtuvieron temperaturas máximas 28 °C en el afluente y 26 °C en el efluente (gráfica 3). Ahsan, Rahman, Kaneco, Katsumata, Suzuki & Ohta (2005) descubrieron que las temperaturas relativamente altas, a más de 40 °C, eran efectivas para la eliminación de sólidos en suspensión (SS) y demanda química de oxígeno (DQO).

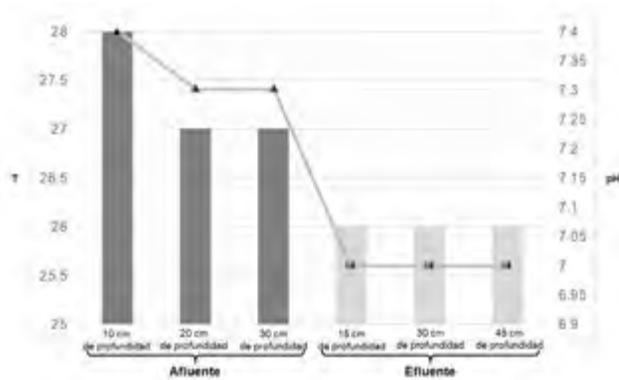
La Norma Mexicana NMX-AA-007- SCFI-2013 (publicada en el Diario Oficial de la Federación el 23 de enero del 2014), establece el método de prueba para el cálculo de la temperatura en el intervalo comprendido entre los 10 y 45 °C, cuando se usan instrumentos de medición directa o instrumentos que indican expansiones o fuerzas proporcionales en los cambios de temperatura, en aguas naturales crudas no salinas (epicontinentales, subterráneas y pluviales), en aguas salinas (marinas, costeras, de estuarios, esteros, marismas y subterráneas), aguas residuales crudas municipales e industriales y aguas residuales tratadas municipales e industriales.

Las temperaturas elevadas en el agua pueden ser indicadores de actividad biológica, química y física, lo anterior tiene influencia en los tratamientos y abastecimientos para el agua, por lo que es necesario medir la temperatura como un indicador de la presencia de compuestos y contaminantes. Sin embargo, el tratamiento anaeróbico es capaz de lograr una alta capacidad de remoción a baja temperatura en el efluente de aguas residuales domésticas. Las lagunas de estabilización (LE) anaerobia-facultativa o afluente y maduración o efluente de la DACBiol-UJAT requieren una mejora en su capacidad para eliminar DQO y SS.

El pH en la laguna anaerobia-facultativa se presentó en un intervalo promedio de 7.3 a 7.4, tendiendo a ser un ambiente ligeramente ácido por la mañana (gráfica 1), este valor de pH podría ser indicador de alteración en el proceso anaeróbico en ciertos instantes. En este sentido, es recomendable mantener un pH en la laguna anaerobia entre 7.3 y 7.6 en las 24 horas del día, para poder minimizar la producción de ácido sulfhídrico (H_2S), dado que la estabilidad de las variables fisicoquímicas que son el producto de la existencia de mayores índices de mezcla en la columna de agua, en las horas nocturnas, pueden generar alta emisión del H_2S a la atmósfera (Correa, Cuervo, Mejía & Aguirre, 2012). El intervalo de concentración idóneo para la existencia de la mayoría de la vida biológica es muy estrecho y crítico.

En la laguna de maduración (efluente), los valores de pH fueron neutros, a diferentes profundidades del muestreo *in situ*. En estas condiciones del tratamiento son totalmente aerobias y el propósito es reducir los coliformes fecales hasta cumplir con la norma de descarga del agua residual tratada a los cuerpos receptores.

Una mayor exposición a la luz solar y el incremento en la concentración de algas implica un aumento en la tasa de remoción de las bacterias fecales y de patógenos (CNA, 2007a). Para descarga de efluentes de tratamiento



Gráfica 3. Comparación de temperatura (barras) y pH (líneas) en las lagunas-facultativas y maduración respectivamente.

secundario, generalmente se estipula el rango de pH 0-9 (Quezadas & Rodríguez, 2009). Un valor de pH 9.2 durante 24 horas puede eliminar el 100 % de *Escherichia coli* y gran cantidad de bacterias patógenas (CNA, 2007a).

Podemos decir que el pH promedio obtenido en nuestro trabajo, para condiciones anóxicas, como es el caso de la laguna anaerobia-facultativa, minimiza la producción de H_2S y es casi óptimo para procesos biológicos de nitrificación y desnitrificación. No obstante, en la laguna de maduración, aunque se alcanzan valores neutros de pH, no se alcanzan valores altos de pH, como lo que recomienda la Comisión Nacional del Agua (CNA, 2007a) y Cortés *et al.* En consecuencia, no se asegura una eliminación completa de bacterias patógenas.

Conclusión

El tratamiento de aguas residuales en la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol) de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), por medio del sistema de las lagunas anaerobia-facultativa y de maduración, actualmente requiere una mejora para eliminar sólidos en suspensión (SS) y la demanda química de oxígeno (DQO).

El pH promedio obtenido en nuestro trabajo, para condiciones anóxicas, como es el caso de la laguna anaerobia-facultativa, minimiza la producción de ácido sulfhídrico (H_2S) y es casi óptimo para procesos biológicos de nitrificación y desnitrificación. El valor de pH ácido podría ser indicador de alteración en el proceso anaerobio en el transcurso de la mañana en la laguna anaerobia-facultativa o afluente.

No obstante, en la laguna de maduración o pulimento, aunque se alcanzan valores neutros de pH, no se alcanzan valores altos (pH 9.2). En consecuencia, no se asegura una eliminación completa de bacterias patógenas.

Se recomienda establecer un plan de monitoreo *in situ* anual en las lagunas de estabilización (LE), debido a que estos resultados obtenidos se generaron solamente en tiempo de lluvia, y pueden variar en función de la temporada.

Agradecimientos

Al doctor Gaspar López Ocaña, profesor-investigador y responsable del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales de la DACBiol-UJAT, por las facilidades brindadas en la realización de este trabajo y para tener acceso a las lagunas de estabilización. A todos los estudiantes del grupo FO1 de la asignatura <Análisis Químico Ambiental II>, Licenciatura de Ingeniería Ambiental del ciclo agosto 2019-enero 2020.

Referencias

- Ahsan, S.; Rahman, M.A.; Kaneco, S.; Katsumata, H.; Suzuki, T. & Ohta, K.** (2005). Effect of temperature on wastewater treatment with natural and waste materials. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 7: 198-202. DOI «<https://doi.org/10.1007/s10098-005-0271-5>»
- Alder, A.C., Golet, E.; Ibric, S. & Giger, W.** (2000). Fate of fluoroquinolone antibiotics during municipal wastewater treatment. In: Keith, L.H.; Needham, L.L.; Jones-Lepp, T.L. (Org.); *Issues in the analysis of environmental endocrine disruptors* (Abstracts of Papers of the American Chemical Society, 219th; pp. 103-104). Div. Environ. Chem. Preprint Ext. Abstr.
- Angelakis, A.N. & Snyder, S.A.** (2015). Wastewater treatment and reuse: past, present, and future. *Water*, 7(9): 4887-4895. DOI «<https://doi.org/10.3390/w7094887>»
- Arceivala, S.J.; Mortens, D. & Siddlandep, H.P.** (1970). *Waste stabilization ponds: design, construction & operation in India* (p. 312). Nagpur, India: Central Public Health Engineering Research Institute.

Arthur, J.P. (1986). *Notes on the design and operation of waste stabilization ponds in warm climates of developing countries* (World Bank Technical Paper Numbere 7; p. 106). Washington, D.C.; U.S.A.: The International Bank for Reconstruction and Development - The World Bank. ISBN 0-8213-0137-3. Recovered from «<https://documents1.worldbank.org/curated/en/941141468764431814/pdf/multi0page.pdf>»

Bedient, P.B.; Rifai, H.S. & Newell, C.J. (1994). *Ground water contamination: transport and remediation* (p. 541). U.S.A.: Prentice-Hall International, Inc. ISBN 9780133625929.

Canto Rivera, S. & López Ocaña, G. (2013). Tratamiento de las aguas residuales de la DACBioI-UJAT mediante lagunas de estabilización. *Kuxulkab'*, 19(36): 19-26. DOI «<https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a19n36.333>»

CNA (Comisión Nacional del Agua). (2007a). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento: diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales 'lagunas de estabilización'* (p. 172). México: Comisión Nacional del Agua (CNA); Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Consultado de «<https://files.conagua.gob.mx/conagua/mapas/SGAPDS-1-15-Libro27.pdf>»

CNA (Comisión Nacional del Agua). (2007b). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento: diseño de lagunas de estabilización* (p. 244). México: Comisión Nacional del Agua (CNA); Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). ISBN 978-968-817-880-5. Consultado de «<http://www.conagua.gob.mx/conagua07/publicaciones/publicaciones/Libros/10DisenoDeLagunasDeEstabilizacion.pdf>»

CNA (Comisión Nacional del Agua). (2007c). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento: paquetes tecnológicos para el tratamiento de excretas y aguas residuales en comunidades rurales* (p. 188). México: Comisión Nacional del Agua (CNA); Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). ISBN 978-968-817-880-5. Consultado de «<http://www.cecodes.net/manuales/PAQUETES%20TECNOL%20C3%93GICOS%20PARA%20EL%20TRATAMIENTO%20DE%20EXCRETAS%20Y%20AGUAS%20RESIDUALES%20EN%20COMUNIDADES%20RURALES.pdf>»

Correa Restrepo, G.; Cuervo Fuentes, H.; Mejía Ruíz, R. & Aguirre, N. (2012). Monitoreo del sistema de lagunas de estabilización del municipio de Santa Fé de Antioquia, Colombia. *Producción + Limpia*, 7(2): 36-51. Recuperado de «<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4333960>»

Cortés Martínez, F.; Treviño Cansino, A. & Tomasini Ortiz, A.C. (2017). *Dimensionamiento de lagunas de estabilización* (p. 128). Jiutepec, Morelos; México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA); Facultad de Ingeniería, Ciencias y Arquitectura de la Universidad Juárez del Estado de Durango. ISBN 978-607-9368-57-9. Recuperado de «https://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros_html/dimensiones-lagunas/files/assets/common/downloads/publication.pdf»

Cortés-Martínez, F.; Treviño-Cansino, A.; Alcorta-García, M.A.; Sáenz-López, A. & González-Barrios, J.L. (2015). Optimización en el diseño de lagunas de estabilización con programación no lineal. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 6(2): 85-100. Recuperado de «<https://www.scielo.org.mx/pdf/tca/v6n2/v6n2a6.pdf>»

DNR (The Michigan Department of Natural Resources). (2010). *Wastewater Stabilization Lagoons*. Training Manual for Operators.

Elizondo Callejas, L.E. (1999). *Manejo, tratamiento y disposición final de residuos peligrosos generados en los laboratorios de la Facultad de Ciencias Químicas de la U.A.N.L.* (Tesis de Maestría en Ciencias con especialidad en ingeniería ambiental). San Nicolás de los Garza, Nuevo León; México: Universidad Autónoma de Nuevo León. Recuperado de «<https://cd.dgb.uanl.mx/handle/201504211/2001>»

Emenike, P.; Tenebe, I.; Omole, D.; Ndambuki, J.; Ogiye, A. & Sojobi, A. (2015). *Application of water recovery option for agricultural use in developing countries: case study of a Nigerian community* (Conference on International Research on Food Security, Natural Resource Management and Rural Development; Humboldt-Universität zu Berlin and the Leibniz Centre for Agricultural Landscape Research (ZALF). Recovered from «<https://www.tropentag.de/2015/abstracts/full/490.pdf>»

Freeman, H.M. (1998). *Manual de prevención de la contaminación industrial* (Carreiras M., M. trad.; p. 943). México: McGraw-Hill. ISBN 970-10-1889-3.

Galeano Nieto, L.J. & Rojas Ibarra, V.D. (2016). *Propuesta de diseño de una planta de tratamiento de agua residual por zanjón de oxidación para el casco urbano del municipio de Vélez-Santander* (Tesis de Licenciatura en ingeniería civil). Bogota D.C.; Colombia: Facultad de Ingeniería, Universidad Católica de Colombia. Recuperado de «<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/13930/4/PROPUESTA%20DE%20DISEÑO%20DE%20UNA%20PTAR%20PARA%20EL%20MUNICIPIO%20DE%20VELEZ%20-SANTANDER..pdf>»

Giraldo Gómez, G.I. (1995). *Manual de análisis de agua* (Trabajo como requisito parcial para optar a la categoría de profesor asistente). Colombia: Facultad de Ciencias y Administración, Departamento de Ciencias; Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de «<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/55218>»

Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos. (2014). *Norma Mexicana 'NMX-AA-007-SCFI-2013, Análisis de agua-medición de la temperatura en aguas naturales, residuales y residuales tratadas-método de prueba (cancela la NMX-AA-007-SCFI-2000)'*. Secretaría de Economía. México. Consultado en «http://legismex.mty.itesm.mx/normas/aa/aa007-2014_01.pdf»

Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos. (2016). *Norma Mexicana 'NMX-AA-008-SCFI-2016, Análisis de agua-medición del pH en aguas naturales, residuales y residuales tratadas-método de prueba- (cancela a la NMX-AA-008SCFI-2011)'*. Secretaría de Economía. México. Consultado en «http://legismex.mty.itesm.mx/normas/aa/aa008-2016_09.pdf»

Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos. (2022). *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente* (reforma publicada 11-04-2022). Diario Oficial de la Federación, Secretaría de Gobernación (SEGOB); Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. México. Consultado en «<https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGEEPA.pdf>»

Gobierno del Estado de Tabasco. (2019). *Reglamento de la Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos del Estado de Tabasco* (1ª reforma publicada en el Sup. 'H' al P.O. 8057 de 23 de noviembre de 2019). Villahermosa, Tabasco; México. Recuperado de «<https://tabasco.gob.mx/leyes/descargar/1/1010>»

Liao, K.; Bai, Y.; Huo, Y.; Jian, Z.; Hu, W.; Zhao, C.; Qu, J. (2018). Integrating microbial biomass, composition and function to discern the level of anthropogenic activity in a river ecosystem. *Environment International*, 116: 147-155. DOI «<https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.04.003>»

Mara, D.D.; Mills, S.W.; Pearson, H.W. & Alabaster, G.P. (1992). Waste stabilization ponds: a viable alternative for small community treatment systems. *Water and Environment Journal*, 6(1): 72-78. DOI «<https://doi.org/10.1111/j.1747-6593.1992.tb00740.x>»

Moguel Ordoñez, E.J.; Pacheco Figueroa, C.J.; Valdez Leal, J.D.; Gama Campillo, L.M.; Jiménez Pérez, N.C. & Padrón López, R.M. (2014). La COVINSE: una propuesta universitaria de modelo organizativo para la aplicación de la investigación. *Kuxulkab'*, 20(38): 29-34, enero-junio. Recuperado de «<https://revistas.ujat.mx/index.php/kuxulkab/article/view/1061>»

Ochoa, M.P.; Estrada, V. & Hoch, P.M. (2016) Wastewater stabilization pond system: parametric and dynamic global sensitivity analysis. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 55(44): 11403-11416. DOI «<https://doi.org/10.1021/acs.iecr.6b02841>»

Omole, D.O.; Alade, O.O., Emenike, P.C.; Tenebe, I.T.; Ogbiye, A.S. & Ngene, B.U. (2017). Quality assessment of a university campus wastewater resource. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 216: 193-201. DOI «<https://www.doi.org/10.2495/WS170181>»

OSHAcademy (Occupational Safety & Health Training). (2022). *OSHAcademy Course 757 Study Guide: Laboratory Safety* (p. 85). Beaverton, Oregon; U.S.A.: Geigle Safety Group, Inc. Recovered from «<https://www.oshatrain.org/courses/studyguides/757studyguide.pdf>»

Quezadas Barahona, M. & Rodríguez Rodríguez, E. (2009). Evaluación tecnológica de lagunas de estabilización de Cárdenas, Tabasco. *Kuxulkab'*, 16(29): 47-55, julio-diciembre. DOI «<https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a16n29.428>»

Reyes Osorio, J.; Laines Canepa, J.R. & Diaz Paz, R.C. (2011). Caracterización y propuesta de tratamiento de las aguas residuales generadas en la División Académica de Ciencias Biológicas-UJAT. *Kuxulkab'*, 17(32): 61-70, enero-junio. DOI «<https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a17n32.377>»

Rolim Mendonça, S. & Rojas Orozco, G. (2000). *Sistemas de lagunas de estabilización: cómo utilizar aguas residuales tratadas en sistemas de riego* (p. 370). Santafé de Bogotá; Colombia: McGraw-Hill. ISBN 978-607-9368-57-9.

Shelef, G. & Kanarek, A. (1995). Stabilization ponds with recirculation. *Water Science & Technology*, 31(12): 389-397. DOI «<https://doi.org/10.2166/wst.1995.0507>»

Treviño Cansino, A. & Cortés Martínez, F. (2016). Método de diseño reducido para lagunas de estabilización. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(4): 729-742. Recuperado de «http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342016000400729&lng=es&tlng=es»

WWAP (World Water Assessment Programme). (2017). *Informe mundial sobre el desarrollo de los recursos hídricos de las Naciones Unidas 2017 'Las aguas residuales: el recurso desaprovechado'* (resumen ejecutivo; p. 12). Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO); Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos (WWAP) de las Naciones Unidas. Recuperado de «https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247552_spa»



EJEMPLAR DE LORO CABEZA AMARILLA ('*Amazona oratrix*'): PROGRAMA DE RESGUARDO, PROTECCIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE ESPECIES ENDÉMICAS EN LA UMA DE PSITÁCIDOS.

División Académica de Ciencias Biológicas (DACBIOL); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT).
Villahermosa, Tabasco; México.

Fotografía: Jesús Ramírez.

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

DACBIOL



EJEMPLAR HERBORIZADO DE *Ruellia* sp. (Acanthaceae) DE LA COLECCIÓN DE PLANTAS VASCULARES DEL «HERBARIO UJAT»

División Académica de Ciencias Biológicas (DACBIOL); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT).
Villahermosa, Tabasco; México.

Fotografía: José Francisco Juárez López



KUXULKAB'

División Académica de Ciencias Biológicas; Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

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

kuxulkab@ujat.mx • kuxulkab@outlook.com

www.revistas.ujat.mx

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

