



ISSN en trámite

KUXULKAB'

-Tierra viva o naturaleza en voz Chontal-

Volumen XX

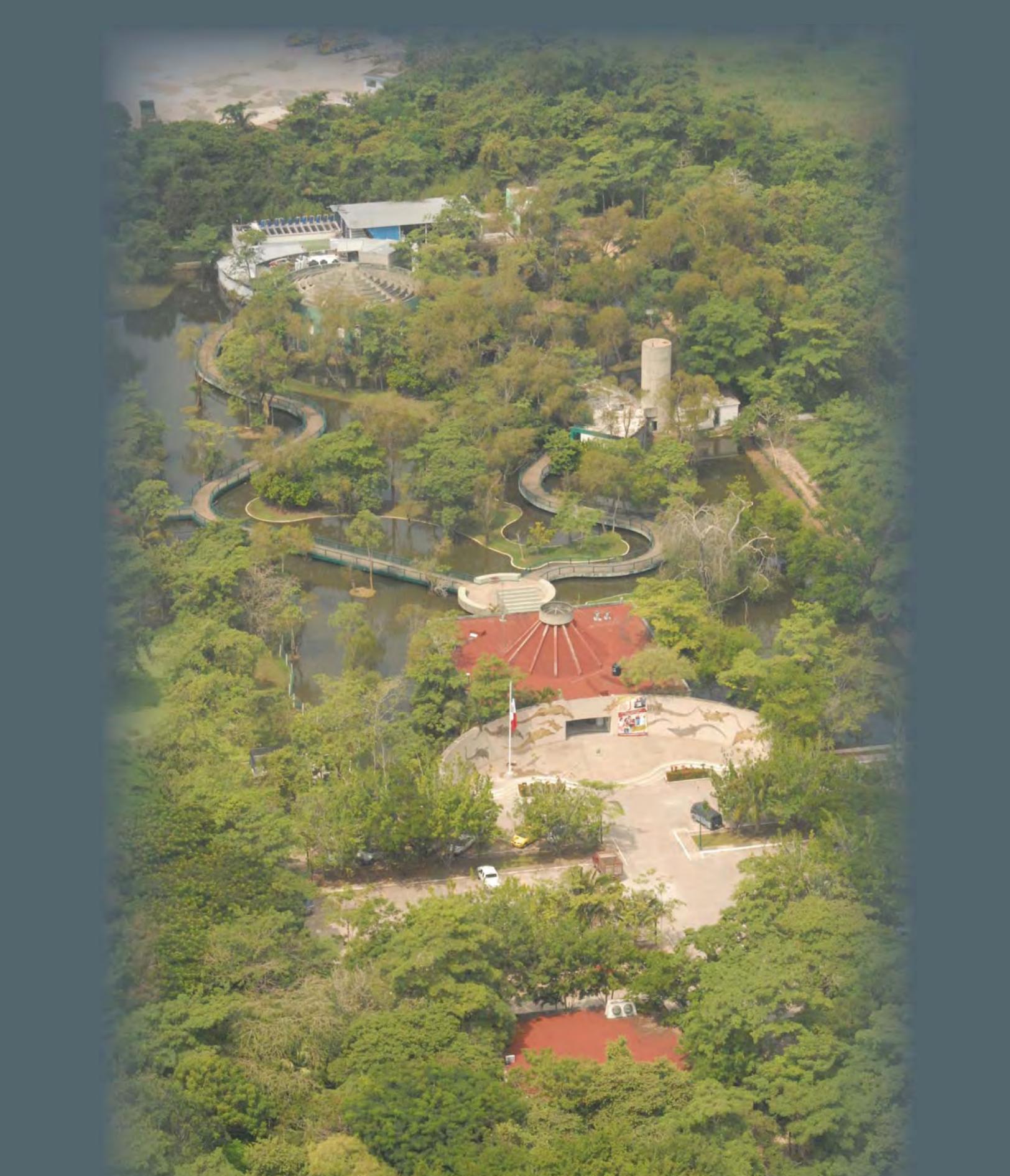
Número 39

Julio-Diciembre 2014

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
División Académica de Ciencias Biológicas



« REVISTA DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA »



CENTRO DE INVESTIGACIÓN PARA LA CONSERVACIÓN DE ESPECIES AMENAZADAS (CICEA).
División Académica de Ciencias Biológicas; Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
Villahermosa, Tabasco; México.

Fotografía: Juan Pablo Quiñonez Rodríguez.

DIRECTORIO

Dr. José Manuel Piña Gutiérrez
Rector

Dra. Dora María Frias Márquez
Secretaría de Servicios Académicos

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

M. en A. Rubicel Cruz Romero
Secretario de Servicios Administrativos

L.C.P. Marina Moreno Tejero
Secretaría de Finanzas

M.C.A. Rosa Martha Padrón López
Directora de la División Académica de Ciencias Biológicas

Dr. Carlos Alfonso Álvarez González
Coordinador de Investigación y Posgrado, DACBIOL-UJAT

M. en A. Arturo Enrique Sánchez Maglioni
Coordinador Administrativo, DACBIOL-UJAT

M. en C. Andrés Arturo Granados Berber
Coordinador de Docencia, DACBIOL-UJAT

M.C.A. Otilio Méndez Marín
Coordinador de Difusión Cultural y Extensión, DACBIOL-UJAT

COMITÉ EDITORIAL DE KUXULKAB'

Dr. Andrés Reséndez Medina (†)
Editor fundador

Dra. Lilia María Gama Campillo
Editor en jefe

Dra. Carolina Zequeira Larios
M. en C. María Elena Macías Valadez Treviño
Editores asociados

Biól. Fernando Rodríguez Quevedo
Coordinador editorial

M.C.A. Ma. Guadalupe Rivas Acuña
L.D.C. Rafael Sánchez Gutiérrez
Correctores de estilo

M.C.A. María del Rosario Barragán Vázquez
Corrector de pruebas

Téc. Juan Pablo Quiñonez Rodríguez
Pas. L.D.G. María Cristina Sarao Manzanero
Diseñadores

L.Comp. José Juan Almeida García
Soporte técnico institucional

L.C.I. Francisco García Ulloa
Traductor

CONSEJO EDITORIAL (EXTERNO)

Dra. Julieta Norma Fierro Gossman
Instituto de Astronomía, UNAM - México

Dra. Tania Escalante Espinosa
Facultad de Ciencias, UNAM - México

Dr. Ramón Mariaca Méndez
El Colegio de la Frontera Sur, ECOSUR San Cristóbal, Chiapas - México

M. en C. Mirna Cecilia Villanueva Guevara
Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Tabasco - México

Dr. Julián Monge Nájera
Universidad Estatal a Distancia (UNED) - Costa Rica

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 semestral 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 en la siguiente dirección: www.revistas.ujat.mx; por otro lado se halla citada en:

PERIÓDICA (Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias):
www.dgbiblio.unam.mx

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

Nuestra portada:

Fauna residente en la División Académica de Ciencias Biológicas, UJAT.

Diseño de:

Fernando Rodríguez Quevedo & Ydania del Carmen Rosado López; División Académica de Ciencias Biológicas, UJAT.

Fotografías de:

Coordinación de Difusión Cultural y Extensión de la DACBIOL-UJAT, a través de la Biól. Blanca Cecilia Priego Martínez.

KUXULKAB', año XX, No. 39, julio-diciembre 2014; es una publicación semestral editada por la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT) a través de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBIOL). 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; <http://www.revistas.ujat.mx>; kuxulkab@ujat.mx. Editor responsable: Lilia María Gama Campillo. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2013-090610320400-203; ISSN: en trámite, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número: Coordinador editorial de la revista, Fernando Rodríguez Quevedo; Kilómetro 0.5 de la carretera Villahermosa-Cárdenas, entronque a Bosques de Saloya; CP. 86039; Villahermosa, Centro, Tabasco; Tel. (993) 358 1500, 354 4308, extensión 6415; Fecha de la última modificación: 14 de julio de 2014.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la revista, ni de la DACBIOL 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:

En este segundo volumen con la nueva imagen de nuestra revista de divulgación de la División Académica de Ciencias Biológicas, empezaran a notar cambios importantes asociados a las estrategias que nuestra máxima casa de estudios está realizando a través de la Secretaría de Investigación, Posgrado y Vinculación; para fortalecer las diferentes revistas que se publican en la Universidad. A través del trabajo colegiado realizado por nuestro comité editorial, así como talleres y cursos organizados por la Secretaría para los participantes en estos procesos, estamos realizando los ajustes que nos permitan no solo mejorar nuestra imagen, sino hacer más ágiles nuestros procesos y fortalecer nuestra revista. Esta labor ha sido posible gracias al apoyo editorial, así como las personas que colaboran en nuestra División Académica que se han sumado a este proceso y a quienes reiteramos nuestro agradecimiento.

Todos queremos salir de la crisis ambiental en el que todo nuestro planeta está inmerso. Sin duda, una posibilidad de salir de esto es conocer los impactos que generamos y realizar acciones para disminuirlos, acciones como el uso racional y eficaz de los recursos energéticos, considerando la sostenibilidad ambiental y económica. ¿Qué podemos hacer?, ¿Qué opciones tenemos? En lo que a energía se refiere, sin duda optar por las vías de la eficiencia y la sostenibilidad que no generen emisiones, es una importante apuesta. En las siete interesantes contribuciones que aquí se presentan sobre temas de contaminación, mitigación, conservación y biodiversidad, hay coincidencia en que la situación ambiental de nuestro Estado no es sostenible. Además nos recuerdan que dependemos de la energía y los recursos naturales; pero lo más importante, es tener información expuesta y disponible como lo hace nuestra revista, esto para reflexionar en las acciones que podríamos tomar al respecto.

Buscar cómo fortalecer nuestras capacidades de respuesta al cuidado de nuestro planeta, nos lleva a recordarles que la comunicación de información en estos temas nos permite no solo conocer de ellos, sino tomar mejores decisiones. Aprovechamos al despedirnos, agradecer nuevamente a todos los que han contribuido a esta nueva imagen, a los árbitros y colaboradores, así como de reiterar que KUXULKAB' es una opción para divulgar los temas de actualidad e investigaciones que realizamos tanto en la DACBIOL como en nuestra universidad, al igual que a los investigadores de otras instituciones. Recuerden que conocer los avances en la ciencia permite saber que está pasando en nuestro entorno y comprometerlos a cuidarlo mejor. Esperamos que nuestros estudiantes encuentren atractiva esta nueva imagen, sigan aprovechando y considerando este espacio para escribir sobre temas de relevancia.

Lilia María Gama Campillo
EDITOR EN JEFE DE KUXULKAB'

Rosa Martha Padrón López
DIRECTORA DE LA DACBIOL-UJAT

Contenido

MODELADO DE LA EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS PROVENIENTE DEL SUBSECTOR TRANSPORTE EN EL ESTADO DE TABASCO	5
Jorge Ulises Reyes López, Ebelia del Ángel Meráz, Dora María Frías Márquez & Ana Luis Gómez Calzada	
MONITOREO PILOTO DE EMISIONES DE ÁCIDO SULFHÍDRICO EN EL CÁRCAMO «LAGUNA EL ESPEJO» EN VILLAHERMOSA, TABASCO	9
José Aurelio Sosa Olivier; José Ramón Laines Canepa; Stephany Moscoso Alejo; Roberto de la Peña de la Fuente; Estrellita Guadalupe Plancarte de la Cruz & Paola de Jesús Torres Cortes	
PROPUESTA DE REUTILIZACIÓN DE LODOS PROVENIENTES DE PLANTAS DE AGUAS RESIDUALES	17
Faviola González Borraz, Ebelia del Ángel Meráz & Anabel González Díaz	
DETECCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE BACTERIAS FIJADORAS DE NITRÓGENO DE UN SUELO CULTIVADO CON <i>Eucaliptus sp.</i>	25
Anabel González Díaz, Miguel Ángel Hernández Rivera, Reyna Lourdes Fócil Monterubio, Yolanda Córdova Bautista & Marcia Eugenia Ojeda Morales	
NUESTROS VECINOS ALADOS: LAS AVES URBANAS	33
Juana Lourdes Trejo Pérez	
APUNTES PARA LA HISTORIA DEL CONOCIMIENTO TEMPRANO DE LOS COCODRILOS DE TABASCO	37
Jaime Javier Osorio Sánchez	
LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS HOY EN DÍA	49
Juan de Dios Valdez Leal, Coral Jazvel Pacheco Figueroa, Elías José Gordillo Chávez, Lilia María Gama Campillo, Ena Edith Mata Zayas, Luis José Rangel Ruiz & Eduardo Javier Moguel Ordoñez	

PROPUESTA DE REUTILIZACIÓN DE LODOS PROVENIENTES DE PLANTAS DE AGUAS RESIDUALES

PROPOSAL FOR RECYCLING SEWAGE TREATMENT PLANTS MUDS

Faviola González Borraz¹✉, Ebelia del Ángel Meráz² & Anabel González Díaz¹

¹Egresada del posgrado de la División Académica de Ingeniería y Arquitectura (DAIA); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT).

²Doctora en Ciencias y profesora-investigadora de tiempo completo de la DAIA-UJAT.

¹Carretera Cunduacán-Jalpa de Méndez km 1; C.P. 86690; Cunduacán, Tabasco; México.

✉ favignzbrz@hotmail.com

Como referenciar:

González Borraz, F.; Del Ángel Meráz, E. & González Díaz, A. (2014). Propuesta de reutilización de lodos provenientes de plantas de aguas residuales. *Kuxulkab'*, XX(39): 17-23, julio-diciembre.

Disponible en:

<http://www.revistas.ujat.mx>

<http://www.revistas.ujat.mx/index.php/kuxulkab>

Resumen

Este trabajo centra una problemática medioambiental con el fin de dar valor a los lodos, tanto sólidos como semisólidos, generados en las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR); estos contienen metales traza y compuestos orgánicos que son retenidos por el suelo y presentan riesgos de intoxicación a las plantas y personas. Las principales alternativas de revalorización son la disposición en suelo y la incineración; sin embargo, con el transcurso del tiempo, estas alternativas se han hecho cada vez menos viables debido a que la normativa que regula su disposición es cada vez más estricta. Diversas investigaciones reportan el uso de lodos residuales como precursores para la obtención de sólidos adsorbentes aplicados para la remoción de distintos contaminantes. Se plantea una propuesta para la reactivación de lodos a través de pirolisis para producir carbón activado.

Palabras clave: PTAR, contaminantes, pirolisis, carbón activado.

Abstract

This paper has an environmental centered problematic which purpose is to value the solid and semisolid muds generated by sewage treatment plants (STP). This muds contain trace metals and organic components that are soil retained and may present intoxication risks not only for plants but for people too. The principal revaluating alternatives are soil dispose and incineration; nevertheless, with time these alternatives will be less taken into account due to stricter norms regulating its disposition. Many investigations report the use of residual muds as a pioneer way for obtaining absorbent solids applied to the removal of different pollutants. A proposal is suggested in order to get the reactivation of muds throughout the usage of pyrolysis to produce activated charcoal.

Keywords: STP, pollutants, pyrolysis, activated charcoal.

El agua se emplea de diversas formas y prácticamente en todas las actividades humanas, ya sea para subsistir o para producir e intercambiar bienes y servicios. En el Registro Público de Derechos de Agua (REPDa), se tienen registrados los volúmenes concesionados (o asignados, en el caso de volúmenes destinados al uso público urbano o doméstico) a los usuarios de aguas nacionales (CONAGUA, 2011a). En dicho registro se tienen clasificados los usos del agua en 12 rubros, mismos que para fines prácticos se han agrupado en cinco grandes grupos; cuatro de ellos corresponden a usos consuntivos, es decir el agrícola, el abastecimiento público, la industria autoabastecida y las termoeléctricas, y por último el hidroeléctrico, que se contabiliza aparte por corresponder a un uso no consuntivo.

El mayor volumen concesionado para usos consuntivos del agua es el que corresponde a las actividades agrícolas y en segundo lugar el abastecimiento público como puede observarse en la tabla 1 (CONAGUA, 2011a). De acuerdo a las cifras de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), en el año 2009, Tabasco tuvo un volumen concesionado de 422.2 hm³, distribuidos en los siguientes usos consuntivos: agrícola (175.3 hm³), abastecimiento público (184.0 hm³), industria autoestablecida sin contabilizar las termoeléctricas (62.9 hm³). El uso agrupado para abastecimiento público consiste en el agua entregada a través de las redes de agua potable, las cuales abastecen a los usuarios domésticos (domicilios), así como a las diversas industrias y servicios conectados a dichas redes. El disponer de agua en cantidad y calidad suficiente para el consumo humano es una de las demandas básicas de la población, pues incide directamente en su salud y bienestar en general.

El suministro de agua para la población en nuestro país es responsabilidad de los gobiernos municipales y delegacionales; al igual que el saneamiento de las aguas residuales que resultan de su utilización en las diversas actividades de la población. En Tabasco, todos los municipios tienen agua potable de la red pública; y cuentan con servicio de alcantarillado; así mismo el 100 % de los municipios dan tratamiento al menos a una parte de sus aguas residuales. El suministro de agua para la población inicia con la extracción de agua de fuentes subterráneas y superficiales mediante tomas. En Tabasco, se reportaron 628 tomas de captación de agua para abastecimiento público; de ellas, el 85 % son pozos (INEGI, 2013).

El agua que entra a los hogares e industrias no siempre tiene la misma calidad al salir después de haber sido usada. La mayor parte del agua que se destina a estos lugares (hogares, industrias y oficinas) debe de ser tratada antes de ser regresada al ambiente. El agua al ser usada por el hombre, muchas veces se convierte en agua de desecho y drenaje (aguas residuales). Las aguas residuales generadas en una comunidad o municipio son la mezcla de aguas negras de origen sanitario y de aguas superficiales o de lluvia con o sin desechos de industrias. Estas son fundamentalmente aguas de abastecimientos de la población después de haber sido impurificadas por diversos usos. Es necesario recurrir a un sistema de tratamiento para estas aguas antes de su disposición final y deben de ser conducidas en última instancia a cuerpos de agua receptores o al mismo terreno en comunidades que así se requiera.

«De acuerdo con la CONAGUA en el 2009, Tabasco tuvo concesionado 422.0 hm³»

«La mayor parte del agua que se destina a hogares, oficinas e industrias, debe ser tratada antes de ser regresada al ambiente»

Tabla 1. Usos consuntivos, según origen del tipo de fuente de extracción, 2009 (miles de millones de metros cúbicos, km³), (CONAGUA, 2011a).

Uso	Origen		Volumen total	Porcentaje de extracción
	Superficial	Subterráneo		
Agrícola ^a	40.9	20.9	61.8	76.7
Abastecimiento público ^b	4.3	7.1	11.4	14.1
Industrias autoabastecidas ^c	1.6	1.7	3.3	4.1
Energía eléctrica excluyendo Hidroelectricidad	3.6	0.4	4.1	5.1
Total	50.5	30.1	80.6	100

^aIncluye los rubros agrícola, pecuario, acuacultura, múltiples y otros de la clasificación del REPDA. ^bIncluye los rubros público urbano y doméstico de la clasificación del REPDA. ^cIncluye los rubros industrial, agroindustrial, servicios y comercio de la clasificación del REPDA.

En el estado de Tabasco, la mayoría de las comunidades y municipios que se encuentran a los márgenes de ríos y cuerpos de agua, utilizan estos para descargar sus aguas residuales contaminándolos (INEGI, 2013). En cinco municipios, distribuidos en el territorio tabasqueño, en los que reside 31 % de la población, se concentra el 55 % de todas las fuentes de captación; destacando entre éstos el municipio de Macuspana, con más de 100 tomas; en tanto que en Balancán, Cárdenas, Huimanguillo y Tenosique la cifra va de 45 a 75 tomas. El tratamiento de las aguas residuales es esencial para la salud de los ecosistemas, la biodiversidad y la salud humana; para dar cumplimiento a las leyes y normas emitidas al respecto se han construido plantas o establecido sitios con esa finalidad.

En los 17 municipios de Tabasco el total, o al menos una fracción de las aguas residuales recibe tratamiento. Esta depuración de carga contaminante se realiza en 100 plantas o sitios, donde en su mayoría (92 %) se realizan procesos de los denominados de tipo primario, en el 7 % de tipo secundario o convencional, como: filtros biológicos, lodos activados y sistema dual, principalmente, y el 1 % reporta un tratamiento no especificado (INEGI, 2013).

Los materiales sólidos y semisólidos removidos del agua residual en plantas de tratamiento son considerados como lodos. Los residuales orgánicos del tratamiento primario y secundario constituyen la mayoría de los lodos, pero también incluyen arena, natas y sólidos del cribado. La producción de lodos en los procesos unitarios típicos dependerá del porcentaje de aportación industrial, basura molida, el uso de químicos, control del proceso, cargas pico y condiciones climatológicas (CONAGUA, 2007).

Considerando los 17 municipios de Tabasco donde se trata al menos una parte de sus aguas residuales, en ocho se reportan lodos residuales, esto es, subproductos que se generan al reducir los contaminantes de las aguas utilizadas en viviendas y establecimientos públicos, comerciales y de servicios; de estos municipios que informaron la presencia de lodos residuales, cuatro reportaron dar tratamiento al total de lodos producidos, utilizando lechos de secado para disponerlos posteriormente en rellenos sanitarios (INEGI, 2013).

En las últimas décadas la población en México ha experimentado un crecimiento considerable, incrementándose de manera importante el consumo del agua, y consecuentemente, el volumen de aguas residuales y el número de plantas de tratamientos de aguas (tabla 2), (CONAGUA, 2012).

Al concluir el año 2011 existían registradas en el país 2,289 plantas municipales de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en operación, con una capacidad total instalada de 137,082.13 L/s, las que daban tratamiento a 97,640.22 L/s, que permitieron alcanzar una cobertura de tratamiento de aguas residuales municipales del 46.5 %. Los estados con mayor número de PTAR en México se muestran en la gráfica 1; Tabasco cuenta con 77 PTAR, cifra que representa el 3.36 % del total nacional, con una capacidad total instalada de 2,077.9 L/s y dan tratamiento a 1,613.9 L/s.

En México los principales procesos para el tratamiento de aguas residuales son: aerobio, anaerobio, biológico, discos biológicos, dual, filtros biológicos, fosa séptica, fosa séptica más filtro biológico, fosa séptica más humedales, humedales, lagunas aireadas, lagunas de estabilización,

Tabla 2. Plantas de tratamiento de aguas residuales municipales en operación 1992 a 2011 (CONAGUA, 2012).

Año	Plantas en operación		
	Número de plantas	Capacidad instalada (L/s)	Caudal tratado (L/s)
1992	394	ND	30,554.0
1993	454	ND	30,726.0
1994	461	ND	32,065.0
1995	469	48,172.0	32,905.2
1996	595	51,696.3	33,745.4
1997	639	57,401.7	39,388.8
1998	727	58,560.2	40,854.7
1999	777	61,559.0	42,396.8
2000	793	68,970.0	45,927.3
2001	938	73,852.6	50,810.0
2002	1,077	79,735.0	56,148.5
2003	1,182	84,331.5	60,242.6
2004	1,300	88,718.3	64,541.9
2005	1,433	95,774.3	71,784.8
2006	1,593	99,764.2	74,388.3
2007	1,710	106,266.7	79,294.3
2008	1,833	113,024.0	83,639.6
2009	2,029	120,860.9	88,127.1
2010	2,186	126,847.5	93,600.2
2011	2,289	137,082.1	97,640.2

ND: Dato no disponible.

lodos activados, primario avanzado, sedimentación, wasb más filtro biológico, wasb, wasb más humedal, reactor enzimático, sedimentación más humedal, tanque imhoff, tanque imhoff mas filtro biológico, tanque imhoff más humedal, terciario y zanjas de oxidación (tabla 3), (CONAGUA, 2011b).

Disposición de lodos

El tratamiento de aguas residuales, genera cantidades significativas de lodo, provenientes de los sólidos suspendidos en la alimentación, de la biomasa generada por las operaciones biológicas y de los precipitados que se forman por la adición de productos químicos. Estos lodos generados, deben ser adecuadamente tratados, antes de su disposición final y algunos de los procedimientos para su tratamiento son los siguientes: espesamiento, estabilización, acondicionamiento, deshidratación, secado, oxidación y disposición final.

Estos residuos son considerados de manejo especial de acuerdo a la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, por lo que se realiza la disposición en sitios autorizados por la Secretaria de Recursos Naturales y Protección Ambiental. Normalmente, durante la operación de las plantas de tratamiento de aguas residuales se utilizan lechos de secado para el control de vectores en cumplimiento a la Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002 (Protección ambiental-lodos y biosólidos: especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final).

En general, el manejo de este tipo de residuos requiere que las características esperadas, tratamiento y disposición final de los lodos residuales generados en el proceso de las plantas de tratamiento de aguas residuales, cumplan conforme a lo establecido en la NOM-004-SEMARNAT-2002, disponiéndose en el lugar que indique la autoridad correspondiente.

Tabla 3. Proceso de tratamiento y número de PTAR en México (CONAGUA, 2011b).

Proceso	No. de plantas	Proceso	No. de plantas
Aerobio	7	Primario avanzado	13
Anaerobio	68	Sedimentación	20
Biológico	19	Wasb + filtro biológico	26
Discos biológicos	10	Wasb	185
Dual	14	Wasb + humedal	14
Filtros biológicos	38	Reactor enzimático	69
Fosa séptica	96	Sedimentación + humedal	18
Fosa séptica + filtro biológico	11	Tanque imhoff	52
Fosa séptica + humedales	82	Tanque imhoff + filtro biológico	20
Humedales	69	Tanque imhoff + humedal	1
Lagunas aireadas	35	Terciario	4
Lagunas de estabilización	729	Zanjas de oxidación	17
Lodos activados	667	Otros	5

Propuesta de reutilización de lodos

En los últimos años en México se ha incrementado el número de plantas de tratamiento de aguas residuales, aumentando su número de 394 a 2,289 PTAR en el periodo de 1992-2011 (tabla 2); esto trae consigo un considerable aumento en los volúmenes de lodos generados y la necesidad de definir diversas posibilidades de uso (CONAGUA, 2012).

Entre las alternativas de revalorización del lodo, suele nombrarse su uso como mejorador de suelos pues contienen compuestos orgánicos e inorgánicos (fósforo, calcio, potasio, nitrógeno, etcétera); dispersión en terrenos con el propósito de recuperar nutrientes, agua o regenerar suelo; disposición en relleno sanitario, con la finalidad de enterrar los sólidos de las aguas residuales, incluyendo el lodo procesado, arena, escoria y cenizas, en un sitio designado; disposición en suelo destinado que consiste en la aplicación de cargas de lodo pesadas en un terreno delimitado, con acceso prohibido al público y que se dispone en exclusiva para la disposición de los lodos del agua residual. Alternativas que con el transcurso del tiempo se han hecho cada vez menos viable debido a que la normativa que regula su disposición, es cada vez más restrictiva (Jiménez, 2001; CONAGUA, 2007).

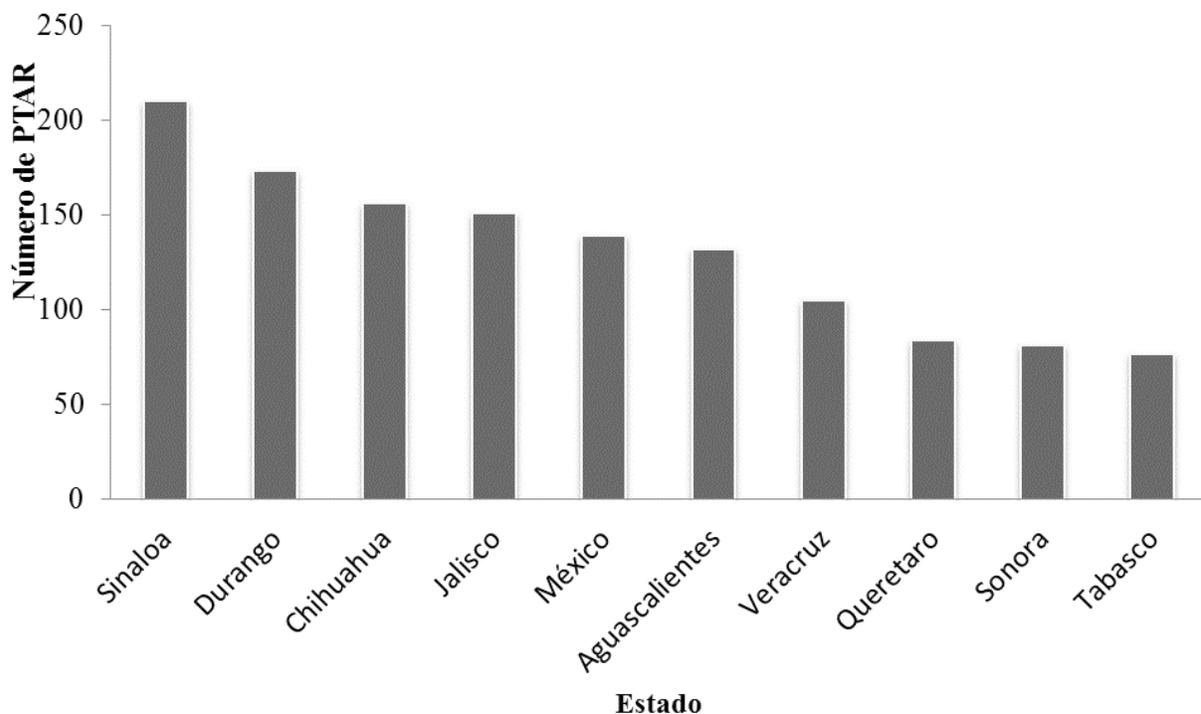
Entre otras alternativas está la posibilidad de usar el lodo como materia prima para la fabricación de carbón activado y este, utilizarlo a su vez, en la remoción de contaminantes. El primer paso para la obtención de carbón activado es la

carbonización o pirólisis de la materia, proceso que se realiza a temperaturas entre los 500 y 700 °C. El segundo paso, la activación, se puede llevar a cabo gracias al uso de gases como aire, vapor de agua o dióxido de carbono a temperaturas entre 800 y 1,000 °C (Moreno *et al.*, 2006). También se puede activar el carbón realizando la pirólisis en presencia de agentes químicos, como el cloruro de zinc o el ácido fosfórico (Alley & Associates, 2001).

El carbón activado, generado a partir de lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales ha sido probado como buen adsorbente para remover diversos contaminantes: H₂S (Jeyaseelan & Lu, 1996; Lu & Lau, 1996); mercurio (Zhang *et al.*, 2005); compuestos orgánicos volátiles (Rio *et al.*, 2005); colorante cristal violeta (Graham *et al.*, 2001; Otero *et al.*, 2003); colorante azul de metileno (Graham *et al.*, 2001; Pikkov *et al.*, 2001; Rozada *et al.*, 2003); fenol (Calvo *et al.*, 2001; Chen *et al.*, 2002; Pikkov *et al.*, 2001; Rio *et al.*, 2005; Tay *et al.*, 2001); cobre (Rio *et al.*, 2005); tetracloruro de carbón (Chen *et al.*, 2002); safranina (Rozada *et al.*, 2003); xilidina (Pikkov *et al.*, 2001); aminas (Pikkov *et al.*, 2001), entre otros.

Conclusión

La dinámica del tratamiento de aguas residuales es un proceso que se realiza en más de 2,289 PTAR en todo el país, esto trae como consecuencia la existencia de materiales



Gráfica 1. Estados de México con mayor número de PTAR (CONAGUA, 2011b).

de desecho (lodos residuales) que tradicionalmente han sido destinados a ser desperdiciados, en ocasiones dándoles un manejo adecuado para su disposición final y, en otros casos, haciendo un manejo inapropiado que ocasiona problemas sociales asociados a enfermedades, contaminación, existencia de residuos, entre otros.

Los problemas de contaminación han adquirido tal magnitud y diversidad que la sociedad ha ido tomando cada vez mayor consciencia de los riesgos actuales, y más aún, de los potenciales. Como resultado de la presión social generada, quienes toman las decisiones muestran una creciente voluntad política para resolver los problemas. En este sentido, es necesario que se ofrezcan soluciones realistas a los problemas ambientales existentes.

Debido a la crisis ambiental que enfrentan actualmente México y el mundo, es de gran importancia ir en la búsqueda de alternativas para el tratamiento y disposición final de los lodos generados en las PTAR. El problema del manejo se asocia cuando se desperdicia su potencial de aprovechamiento y se dispone solo como un residuo, aumentando la cantidad de residuos a disponer en los rellenos sanitarios. Es por esta razón que se justifica la búsqueda de tratamientos adecuados que permitan aprovechar eficientemente dichos residuos. Por lo que la reutilización de los lodos residuales provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales a través de pirólisis se presenta como una alternativa ecológicamente aceptable y económicamente atractiva para la producción de carbón activado con la capacidad de adsorber contaminantes.

Referencias

- Alley, E.R. & Associates, Inc.** (2001). *Manual de control de la calidad del aire*. México: Mc-Graw-Hill.
- Calvo, L.F.; Otero, M.; Moran, A. & García, A.I.** (2001). Caracterización de adsorbentes obtenidos a partir de lodos procedentes de estaciones depuradoras de agua residuales. *Información Tecnológica*, 12(3): 29-35
- Chen, X.; Jeyaseelan, S. & Graham, N.** (2002). Physical and chemical properties study of the activated carbon made from sewage sludge. *Waste Management*, 22(7): 755-760
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua).** (2007). Lodos Químicos. En: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (Ed), *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento* (pp. 31-54). México: Autor.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua).** (2011a). Usos del agua. En: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (Ed), *Clasificación de los usos del agua* (pp. 44-56). México: SEMARNAT.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua).** (2011b). Plantas de tratamiento de aguas residuales. En: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (Ed), *Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación* (pp. 94-110). México: SEMARNAT.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua).** 2012. Potabilización, desinfección y tratamiento de agua. En: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (Ed), *Situación del subsector agua potable, alcantarillado y saneamiento* (pp. 34-55). México: Autor.
- Graham, N.; Chen, X.G. & Jayaseelan, S.** (2001). The potential application of activated carbon from sewage sludge to organic dyes removal. *Water Science and Technology*, 43(2): 245-252
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía).** (2013, 10 de abril). Estadística básica sobre medio ambiente: datos de Tabasco. *Boletín de prensa número*, 144/13. Villahermosa Tabasco, México. Autor.
- Jeyaseelan, S. & Lu, G.Q.** (1996). Development of adsorbent/catalyst from municipal wastewater sludge. *Water Science and Technology*, 34 (3-4): 499-505
- Jiménez, C.B.** (2001). Contaminación del agua. En: Grupo Noriega (Ed.), *La contaminación ambiental en México: causas, efectos y tecnología apropiada* (pp. 284-294). México: LIMUSA S.A de C.V.
- Otero, M.; Rozada, F.; Calvo, L.F.; García, A.I. & Morán, A.** (2003). Elimination of organic water pollutants using adsorbents obtained from sewage sludge. *Dyes and Pigments*, 57(1): 55-65
- Lu, G.Q. & D.D. Lau.** (1996). Characterisation of sewage sludge-derived adsorbents for H₂S removal; part 2: surface and pore structural evolution in chemical activation. *Gas Separation and Purification*, 10(2): 103-111
- Moreno, H.A.; Droppelmann, C.V. & Verdejo, M.E.** (2006). Evaluación de carbón activado producido a partir de lodo generado en una planta de tratamiento de aguas servidas. *Información Tecnológica*, 17(3): 9-14
- Pikkov, L.; Kallas, J.; Rüttemann, T. & Rikmann, E.** (2001). Characteristics of activated carbon produced from biosludge and its use in wastewater pos-treatment. *Environmental Technology*, 22(2): 229-236
- Rio, S.; Faur-Brasquet, C.; Coq L., L.; Courcoux, P. & Cloirec P., L.** (2005). Experimental design methodology for the preparation of carbonaceous sorbents from sewage sludge by chemical activation: application to air and water treatments. *Chemosphere*, 58(4): 423-437
- Rozada, F.; Calvo, L.F.; García, A.I.; Martín-Villacorta, J. & Otero, M.** (2003). Dye adsorption by sewage sludge-based activated carbons in batch and fixed-bed systems. *Bioresource Technology*, 87(3): 221-230
- Tay, J.H.; Chen, X.G.; Jeyaseelan, S. & Graham, N.** (2001). A comparative study of anaerobically digested and undigested sewage sludges in preparation of activated carbon. *Chemosphere*, 44(1): 53-57
- Zhang, F.S.; Nriagu, J.O. & Itoh, H.** (2005). Mercury removal from water using activated carbons derived from organic sewage sludge. *Water Research*, 39(2-3): 389-395



CENTRO DE INVESTIGACIÓN PARA LA CONSERVACIÓN DE ESPECIES AMENAZADAS (CICEA).
División Académica de Ciencias Biológicas; Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
Villahermosa, Tabasco; México.

Fotografía: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT).

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

DACBiol



CENTRO DE INVESTIGACIÓN PARA LA CONSERVACIÓN DE ESPECIES AMENAZADAS (CICEA).
División Académica de Ciencias Biológicas; Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
Villahermosa, Tabasco; México.

Fotografía de Juan Pablo Quiñonez Rodríguez



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.

