



KUXULKAB'

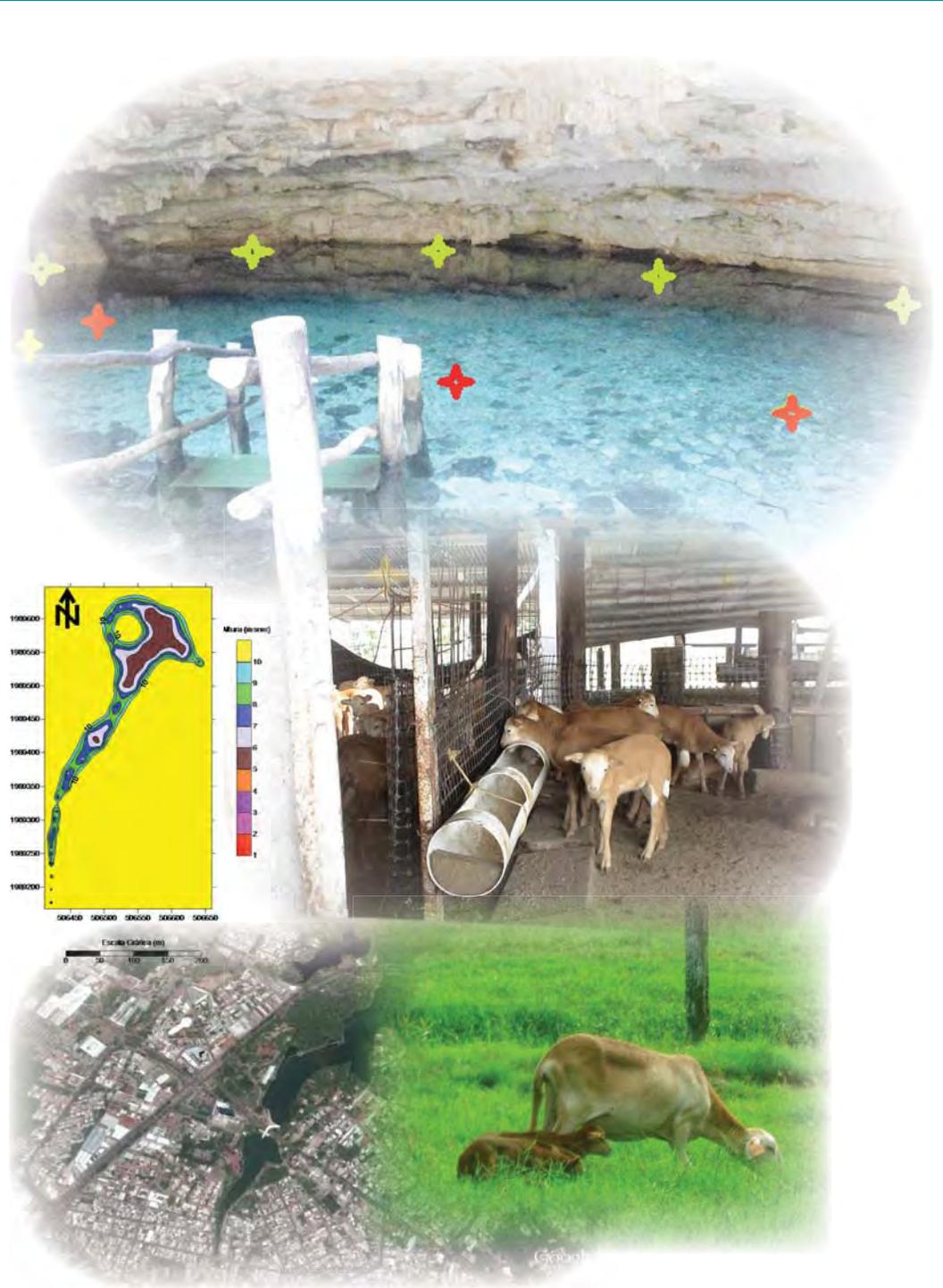
-Tierra viva o naturaleza en voz Chontal-

Volumen XXII

Número 43

Mayo-Agosto 2016

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
División Académica de Ciencias Biológicas





EJEMPLAR MACHO DE PIGUA (*Macrobrachium carolinense*) DE 3 MESES DE EDAD, PRODUCIDO EN EL LABORATORIO DE LARVIPIGUA.

División Académica de Ciencias Biológicas; Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
Villahermosa, Tabasco; México.

Fotografía: Jeane Rimber Indy



DIRECTORIO

Dr. José Manuel Piña Gutiérrez
Rector

Dra. Dora María Frias Márquez
Secretaria de Servicios Académicos

C.D. Arturo Díaz Saldaña
Secretario de Investigación, Posgrado y Vinculación

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

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

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

Dra. Carolina Zequeira Larios
Coordinadora de Investigación y Posgrado, DACBioI-UJAT

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

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

Biól. Blanca Cecilia Priego Martínez
Coordinadora de Difusión Cultural y Extensión, DACBioI-UJAT

COMITE EDITORIAL DE KUXULKAB'

Dr. Andrés Reséndez Medina (†)
Editor fundador

Dra. Lilia María Gama Campillo
Editor en jefe

Dra. Carolina Zequeira Larios
Dra. 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

Biól. Fernando Rodríguez Quevedo
Téc. Juan Pablo Quiñonez Rodríguez
Lic. Ydania del Carmen Rosado López
Diseñadores

L.Comp. José Juan Almeida García
Soporte técnico institucional

L.C.I. Francisco García Ulloa
Est. Lic. Idiomas, Ana Yuseth Pérez del Ángel
Traductor

Pas. Ing. Ambiental, Manuel Alberto Ek Pozo
Est. Ing. Ambiental, Adrián Hernández Magaña
Est. Lic. Biología Diana Beatriz Montero Hernández
Apoyo técnico

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 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 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:

El uso de los recursos naturales y el manejo de los residuos.

Diseño de:

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

Fotografías de:

José Vili Martínez González y colaboradores; Irma del Carmen García Osorio y Jorge Oliva Hernández; Google Earth; todas obtenidas de los artículos aquí expuestos.

KUXULKAB', año XXII, No. 43, mayo-agosto 2016; 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; <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: 2448-508X, 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; 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: 02 de mayo del 2016.

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:

En nuestro país durante el segundo semestre de este año, se realizarán importantes eventos de compromisos internacionales en el ámbito ambiental. A inicios de septiembre la «II Cumbre de las Américas» en Guadalajara, reunirá autoridades de gobiernos panamericanos, líderes indígenas, grupos ecologistas, especialistas y representantes de diversas industrias; con el fin de establecer compromisos para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), la intención de fortalecer compromisos internacionales a los que los diferentes países del mundo se han ligado, la búsqueda de alternativas para mitigar el calentamiento global y oportunidades para promover inversiones en una economía global con baja huella de carbono. Por otro lado, a finales de año, Cancún Quintana Roo será sede de la «XIII Reunión de la Conferencia de las Partes (COP-13)» relacionada al Convenio sobre Diversidad Biológica (CBD); un espacio para evaluar el cumplimiento de los objetivos de la Convención y las Metas de Aichi (aprobadas en 2010 en Nagoya) así como los acuerdos de la Hoja de Ruta de “Pyeongchang”, cumplir estos compromisos es lo que permitirá que las generaciones futuras conozcan las maravillas de la biodiversidad que hoy aún disfrutamos. México ha destacado por hospedar reuniones internacionales de alto nivel; sin embargo, estos temas ambientales sin duda son especialmente importantes para los que formamos parte de la comunidad de la División Académica de Ciencias Biológicas.

La divulgación de la ciencia como la que realiza *Kuxulkab'*, permite dar a conocer regionalmente, temas ambientales como los que se discutirán en estas reuniones; ya que todos queremos salir de la crisis ambiental que nuestro planeta está sufriendo, conocer los impactos que generamos y realizar acciones para disminuirlos a través de actividades como el uso racional y eficaz de los recursos energéticos, el aprovechamiento sustentable y la conservación de los recursos naturales; es el camino en el que nuestra revista busca dejar una huella. Las seis contribuciones que aquí se presentan sobre temas de uso de recursos, manejo de residuos y conservación de la biodiversidad; contribuyen a informar a nuestros lectores con interesante información que busca generar sustentabilidad.

Nuestro día a día es la divulgación de la ciencia, y el de todos nosotros, es generar acciones que contribuyan al cuidado de nuestro planeta, sin lugar a dudas la comunicación de información por medios electrónicos que incrementan nuestra capacidad de difusión en estos temas, hoy nos permite no solo conocer de ellos, sino tomar mejores decisiones. Este espacio nos permite agradecer a los que han contribuido a través de los años a la construcción de nuestra revista, árbitros y colaboradores, así como 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. Es importante recordar que conocer los avances de estos estudios que se generan cada día, no solo permiten saber que está pasando en nuestro entorno, si no a comprometernos a cuidarlo mejor. Esperamos que cada vez más estudiantes de la universidad 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

IDENTIFICACIÓN DE TARDÍGRADOS EN GENOTES UBICADOS EN YUCATÁN	5
José Vili Martínez González, Andrea García Valerio & Vili Aldebarán Martínez García	
EDAD AL DESTETE, MOMENTO CRUCIAL QUE DETERMINA LA EFICIENCIA DE CRECIMIENTO Y SUPERVIVENCIA DE LOS CORDEROS	13
Irma del Carmen García Osorio & Jorge Oliva Hernández	
SIMULACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL EN LA GERMINACIÓN DEL FRIJOL NEGRO (<i>Phaseolus vulgaris</i> L) CON DERRAMES DE HIDROCARBUROS	19
Luis Alberto Calcaneo Gordillo, Rodolfo Gómez Cruz, María Teresa Gamboa Rodríguez & Jesús Roberto Gamboa Aldeco	
LAGUNA DE LAS ILUSIONES Y SU ENTORNO URBANO: AGUAS RESIDUALES, URBANAS Y SEDIMENTOS	27
Georgina Ricárdez de la Cruz, Gaspar López Ocaña, Raúl Germán Bautista Margulis & Carlos Alberto Torres Balcazar	
ESTIMACIÓN DE LA CARGA DE SEDIMENTOS EN SUSPENSIÓN EN UNA LAGUNA FLUVIAL DE TABASCO	39
Julio César de la Cruz Reyes, Juan de Dios Mendoza Palacios & José Roberto Hernández Barajas	
ANÁLISIS ECONÓMICO-FINANCIERO DE UN ACOPIO LECHERO EN LA REGIÓN MAYA DE CHIAPAS	45
Rubén Monroy Hernández, Alfredo Isaac Brindis Santos, Francisco Guevara Hernández, Roberto Reimundo Coutiño Ruiz, Epifanía Lozano López & Rafael Pimentel Segura	

LAGUNA DE LAS ILUSIONES Y SU ENTORNO URBANO: AGUAS RESIDUALES, URBANAS Y SEDIMENTOS

LAGUNA DE LAS ILUSIONES AND ITS URBAN ENVIRONMENT: SEWAGE, URBAN WATER AND SEDIMENTS

Georgina Ricárdez de la Cruz¹✉, Gaspar López Ocaña², Raúl German Bautista Margulis³ & Carlos Alberto Torres Balcázar⁴

¹Estudiante de la Maestría en Ingeniería y Protección Ambiental de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBioI); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT). ²Doctor en Ciencias y profesor-investigador de la DACBioI-UJAT. ³Doctor en Ciencias y profesor-investigador de la DACBioI-UJAT. ⁴Maestro en Ingeniería y Protección Ambiental y profesor-investigador de la DACBioI-UJAT.

^{2,3,4}Integrantes del Cuerpo Académico consolidado de «Evaluación y Tecnología Ambiental» de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBioI); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT).

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

✉ georgina_ricardez@hotmail.com

Como referenciar:

Ricárdez de la Cruz, G.; López Ocaña, G.; Bautista Margulis, R.G & Torres Balcázar, C.A. (2016). Laguna de las Ilusiones y su entorno urbano: aguas residuales, urbanas y sedimentos. *Kuxulkab'*, XXI(43): 27-38, mayo-agosto.

Disponible en:

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

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

Resumen

La Laguna de las Ilusiones es ícono de identidad cultural de la ciudad de Villahermosa y patrimonio ecológico intangible del estado de Tabasco, representa una reserva natural urbana que guarda las características endémicas naturales propias de Tabasco (Zequeira & Castillo, 2015), hecho por lo cual fue decretada como una reserva ecológica por el Gobierno del Estado de Tabasco el 8 de febrero de 1995 (SERNAPAM). Los vasos reguladores <Cencali> y <Tomás Garrido Canabal>, son vasos que integran la Laguna de las Ilusiones, hoy día sufren de un proceso de eutrofización severo (hipereutrófico) formado principalmente por la acumulación de sedimentos provenientes de escurrimientos urbanos y aguas residuales (Goñi *et al.*, 1991; Hansen *et al.*, 2007).

Palabras clave: Sedimentos, morfología, batimetría, lagunas urbanas, aguas residuales, cuenca urbana.

Abstract

Ilusiones lagoon is a traditional, cultural icon that identifies Villahermosa city. Likewise, it is one of Tabasco's ecological heritage, which represents an urban reserve that keeps unique natural endemic characteristics (Zequeira & Castillo, 2015). The Lagoon was established as an ecological reserve by the Government of the state of Tabasco on February 8th, 1995 (SERNAPAM). The <Cencali> and <Tomás Garrido Canabal> flooding regulatory storages, part of Las Ilusiones lagoon, are exposed to a severe eutrophication (hypertrophic) process that was mainly caused by sediment accumulation coming from urban runoff and sewage. (Goñi *et al.*, 1991; Hansen *et al.*, 2007).

Keywords: Sediment, morphology, bathymetry, urban lagoons, sewage, urban runoff.

En los últimos 50 años latinoamérica ha experimentado una explosión demográfica desmedida, y como resultado de ello tenemos grandes manchas urbanas saturadas y con graves problemas en la calidad de vida y de crecimiento urbano no controlado, explicando así la pérdida gradual del bienestar mutuo de sus habitantes y la degradación rápida de sus recursos naturales urbanos (Batrez *et al.*, 2010); por ello las aguas superficiales (lagos de agua dulce, ríos, lagunas, ciénagas) son las más contaminadas debido a que reciben directamente descargas de aguas residuales sin ningún tratamiento, (Sierra, 2011). De acuerdo con la FAO (2015) estas aguas abastecen de agua potable por lo menos al 50 % de la población mundial y representan el 43 % de toda el agua utilizada para el riego, es por esta razón que a nivel mundial 2,500 millones de personas dependen exclusivamente de los recursos de aguas superficiales para satisfacer sus necesidades básicas diarias (UNESCO, 2012).

En este sentido, los principales problemas a que se exponen lagos y lagunas localizados dentro o cerca de zonas urbanas son la eutrofización como resultado de la contaminación y colmatación, ocasionado casi siempre por un manejo inadecuado de la cuenca urbana y la falta de control de las entradas de aguas (residuales, pluviales), (Hansen *et al.*, 2007). Un claro ejemplo de esto son los vasos reguladores <Cencali> y <Tomás Garrido Canabal>, ambos son parte integral de la <Laguna de las Ilusiones>, hoy día sufren de un proceso de eutrofización severo (hipereutrófico) y constituido principalmente por la acumulación de sedimentos provenientes de escurrimientos urbanos y aguas residuales (Goñi *et al.*, 1991; Hansen *et al.*, 2007; Afferden *et al.*, 2008).

¿Qué se ha hecho para conservar este sistema lagunar?

Desde el año 1982, el estado de Tabasco tiene conocimiento claro y específico de los impactos antropogénicos a este sistema lagunar cerrado, (Aguirre *et al.*, 1998) a través de la realización de estudios técnicos y de investigación, (Gobierno del Estado de Tabasco, 1987), (Goñi *et al.*, 1991), (Aguirre *et al.*, 1998), (Rodríguez, 2002), (Hansen *et al.*, 2007), (Afferden *et al.*, 2008), así como la denuncia interpuesta ante la Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte, en la cual se expresan los agravios interpuestos ante la obra denominada <Obra del Bicentenario> (actualmente construida y abandonada), esta denuncia sigue activa y fue interpuesta por ciudadanos tabasqueños (Malagamba, 2010).

De los estudios destacados que se han realizado en esta Laguna, fue el ejecutado por el Instituto Mexicano de Tecnología de Agua (IMTA) en dos fases importantes; en la primera de ella por Hansen *et al.* (2007) que consistió en la caracterización fisicoquímica del agua y sedimentos del vaso regulador <Cencali>; y la segunda a cargo de Afferden *et al.* (2008) que contribuyó con el diseño de un proceso para la remoción de los sedimentos de este vaso regulador (dragado por bombeo, sedimentación, transporte y secado de sedimentos), lamentablemente este proceso requería ser permanente y contar con recursos financieros propios para su operación y mantenimiento; hoy día sólo puede observarse físicamente partes de la infraestructura utilizada, se estima que la remoción de los sedimentos sólo fue funcional durante un año aproximadamente.

«A nivel mundial
2,500 millones de
personas dependen
exclusivamente
de los recursos de
aguas superficiales
para satisfacer
sus necesidades
básicas»

UNESCO, 2012

«Eutrofización
cultural:
eutrofización debido
a actividades
humanas como
la agricultura, la
urbanización o la
descarga de aguas
residuales»

Lawrence, 2014



Fotografía 1. Área de estudio: vaso regulador «Cencali» y «Tomás Garrido Canabal» (fuente: Google Earth, 2015).

Es la falta de interés y preocupación por las instituciones encargadas de administrar, gestionar, procurar y conservar la «Reserva Ecológica Laguna de las Ilusiones», por implementar medidas de control y mitigación que sean diseñadas específicamente para el vaso regulador «Cencali» y «Tomás Garrido Canabal», que son las áreas más contaminadas y azolvadas de la Laguna de las Ilusiones.

En este escrito se analiza e identifica la distribución de las descargas por escurrimientos pluviales y antropogénicas para ambos vasos reguladores del cuerpo de agua, así como presentar su caracterización batimétrica y morfométrica, determinando las áreas y volúmenes de sedimentos presentes en ellos; dichas acciones corresponden a una primera fase de un proyecto integral de saneamiento y recuperación del cuerpo de agua, por lo cual esta información permitirá apoyar en establecer alternativas de saneamiento ambiental para proyectos futuros.

¿Dónde se ubica nuestra área de estudio?

La Laguna de las Ilusiones se localiza en la zona centro-norte de la ciudad de Villahermosa Tabasco, sus coordenadas geográficas son 17° 59' y 18° 01' de latitud Norte y, 92° 56' y 92° 55' de longitud Oeste.

La superficie estimada es de 259.2 ha, de acuerdo al decreto publicado en el Periódico Oficial del Estado de Tabasco en 1995, comprende un anillo perimetral de 10 m contados a partir de la cota 6.40 msnm; presenta variaciones significativas en su área perimetral, derivadas de la interacción de los factores biofísicos y las actividades humanas (Zequeira & Castillo, 2015).

¿Cómo iniciamos el proyecto?

Todo se inicia con el análisis de cambio y uso de suelo de la ciudad de Villahermosa, delimitando un radio de 8 km del periodo de 1984 a 2014, fue realizado con fotografías aéreas de 1984 (obtenidas del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y del 2014 (teniendo como fuente Google Earth). Este análisis tiene el propósito de demostrar el impacto que ha tenido la actividad humana en la ciudad de Villahermosa en los últimos 30 años, particularmente en el área de estudio, así como la proyección de sus efectos si se siguen explotando sus recursos con la misma intensidad. Para dicho análisis se ha tomado el año 1984 como punto de partida (imagen 1).

Para hacer más dinámica la integración del listado y distribución de las descargas antropogénicas y pluviales, se implantó un esquema que muestra las rutas metodológicas para la evaluación integral de ambos vasos reguladores (imagen 2); la ubicación de las descargas consistió en una serie de recorridos físicos en ambos márgenes de los vasos reguladores; utilizando el modelo topográfico digital LIDAR, se delimitó la cuenca urbana que aporta escurrimientos pluviales al vaso regulador «Cencali» y «Tomás Garrido Canabal».

A continuación se realizó, con la caracterización morfométrica y batimétrica, la corroboración de los volúmenes de sedimentos acumulados desde 2005 con base a la última caracterización morfométrica realizada por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, así como de los resultados obtenidos por estudios previos, (Gobierno del Estado de Tabasco, 1987; (Hansen *et al.*, 2007; Afferden *et al.*, 2008). Las variables morfométrica evaluadas fueron: longitud máxima, perímetro, profundidad máxima, así como área y volumen; estas variables se midieron con el criterio establecido por Torres-Orozco & García-Calderón (1995).

Se establecieron un total de 163 puntos distribuidos en el vaso regulador «Tomás Garrido Canabal» y 39 puntos distribuidos en el «Cencali», se hicieron las mediciones de profundidad dentro de ambos vasos sobre el espejo de agua.

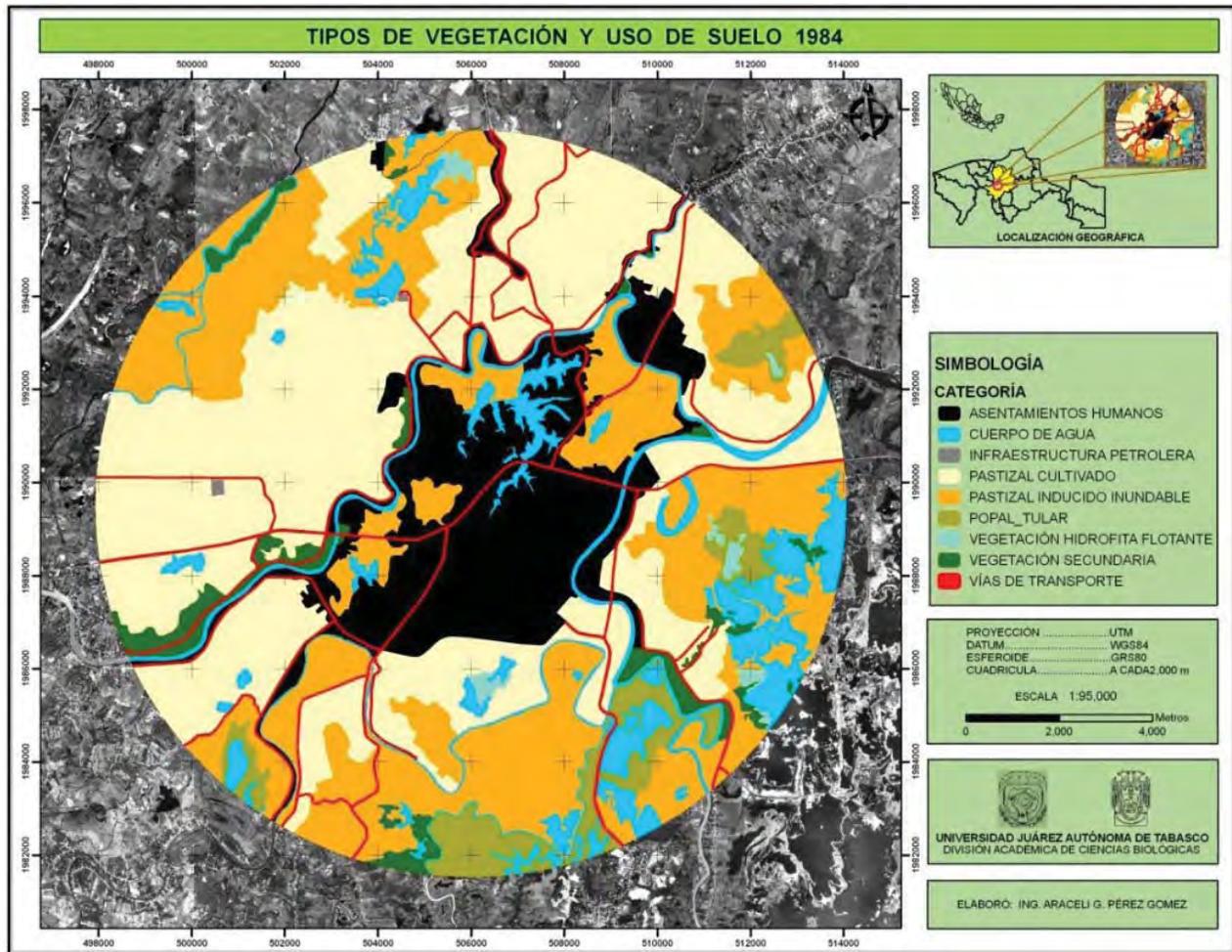


Imagen 1. Tipos de vegetación y uso de suelo 1984, (fuente: Araceli G. Pérez Gómez y Google Earth 2015).

En cada uno de estos puntos se midió la profundidad (metros) con el uso de: estatal, disco de Secchi y sonda de alto rendimiento Garmin Fishfinder 250c, con el objetivo de llegar al fondo de esta laguna con la mayor precisión posible, asimismo se tomaron las coordenadas UTM (Universal Transversal de Mercator) con el uso de un GPS Submétrico Garmin eTrex Venture, en las coordenadas correspondientes a las profundidades de cada punto. Con el uso del software Surfer 8.01 se modelaron los 163 puntos obtenidos durante el levantamiento batimétrico en ambos vasos reguladores. Con los datos anteriores se puede establecer un balance hidrológico para saber la cantidad de flujos de agua y sedimentos que entran a los vasos reguladores por aportación de la cuenca urbana, escurrimiento y por población, para hacer este análisis hídrico se utilizó el método descrito por Aparicio (2007) y el análisis fue sobre la misma sección del uso de suelo.

¿Cuáles son las condiciones hoy día del área de estudio?

Los cambios de uso de suelo fueron analizados en un área total de 20,308.84 ha, los resultados fueron los que se describen en el cuadro 1. De acuerdo a los cambios que se presentaron en las coberturas evaluadas en estos años, se puede observar que las categorías consideradas <antropogénicas> aumentaron sus coberturas en un 54.24 % en asentamientos humanos, 94.46 % corresponde a infraestructura petrolera y vías de transporte con un 43.69 %; estos resultados demuestran, como ha aumentado su infraestructura la ciudad de Villahermosa ocupando áreas con coberturas de vegetación las cuales representan una considerable disminución. Asimismo, la disminución de la categoría de cuerpos de agua está dirigida principalmente a los cuerpos lagunares urbanos de la ciudad, a los cuales se les ha restado superficie para el establecimiento de infraestructura comercial y asentamientos humanos.

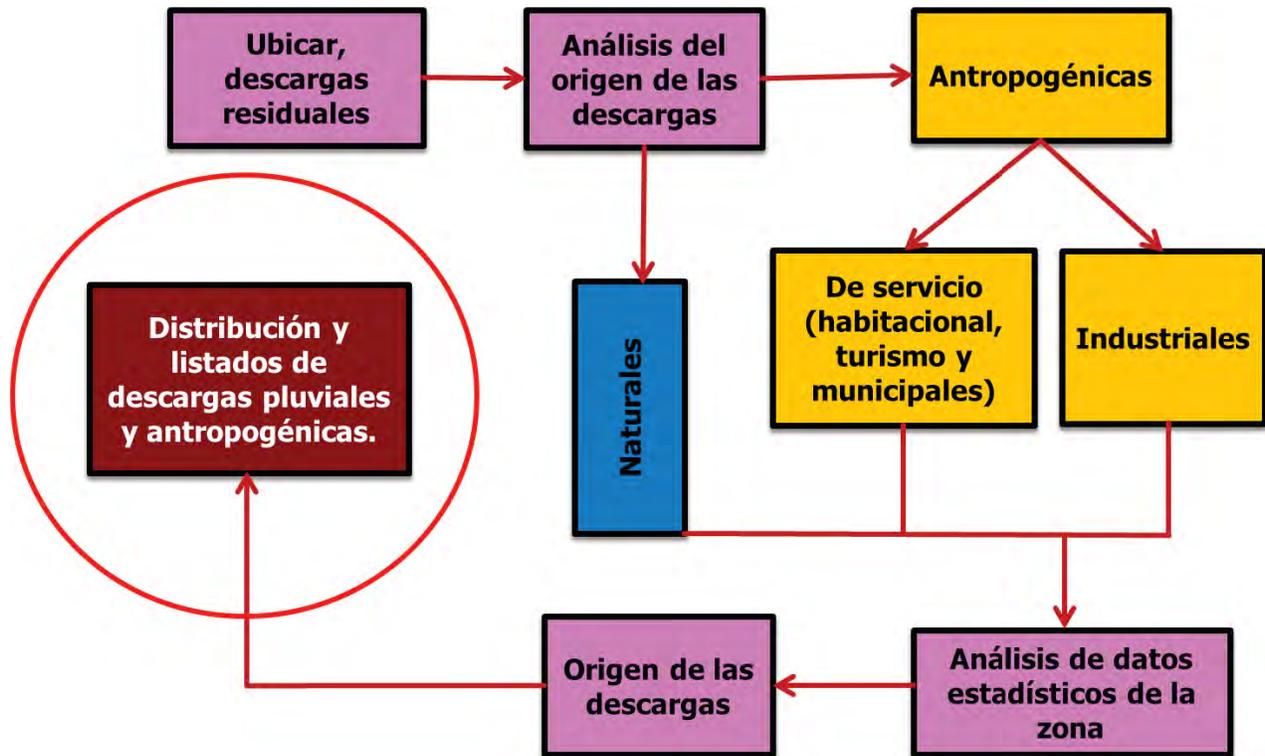


Imagen 2. Rutas metodológicas para analizar e identificar la distribución de las descargas por escurrimientos y actividades antropogénicas.

De seguir con la tasa de crecimiento actual, se pronostica que para el año 2024 los asentamientos humanos incrementarán en un 18 % respecto a las áreas actuales ocupadas, 23.94 % la infraestructura petrolera y 12.72 % las vías generales de comunicación; por lo que será evidente la disminución y pérdida de algunas de las coberturas de vegetación presentes en el área de estudio. En el cuadro 2 se puede apreciar la tendencia hacia los años 2024 y 2044 de la ciudad de Villahermosa.

Vaso Regulador Cencali. La cuenca urbana que influye sobre el vaso <Cencali> y de acuerdo con los datos del censo de población y vivienda 2010 del INEGI, esta cuenta con una población de 29,270 habitantes y una densidad poblacional de 0.008 habitantes/m². El área del vaso es de 30,178 m² y un perímetro total de la cuenca urbana de 1,242 m (fotografía 2).

Después de realizar los recorridos programados para ambos márgenes del vaso regulador, los datos recolectados respecto al inventario de descargas de aguas (pluviales y residuales) demostraron que, existen 36 descargas de aguas pluviales y 3 cárcamos.

Además muestra un proceso de azolve o colmatación severo en la mayor parte de su extensión, puntualmente en su colindancia con la calle Ernesto Malda, se registra una altura de agua promedio de 0.68 m, una altura máxima de profundidad de 1.43 m y un promedio de profundidad de 2.07 m, esto debido a la descargas de aguas residuales en ese punto del canal de Ernesto Malda. El espejo de agua registrado en dicho vaso regulador para los días de estudio fue de 30.18 m² aproximadamente y un volumen calculado de 24,890.40 m³ de agua de un aproximado de 37,670.91 m³ como su capacidad total, lo cual representa una pérdida de 33.92 % de su capacidad de volumen efectivo (imagen 3).

Para el vaso Cencali actualmente se estima un volumen de agua promedio de 24,890.40 m³ y el volumen de sedimento presente acumulado del 2005 al 2015 se estima en 37,671 m³; esto nos muestra que el vaso regulador tendría una capacidad de almacenamiento total de 62,561.3 m³ si no presentara la acumulación de sedimentos aportados por escurrimientos de la cuenca urbana y por descargas de aguas residuales existentes (canal pluvial Ernesto Malda) fotografía 3, en este sentido el aporte de sedimento por carga urbana para el vaso Cencali es de 2,715.83 m³/año.



Fotografía 2. Delimitación de la cuenca urbana en el vaso regulador Cencali (fuente: Google Earth, 2015).

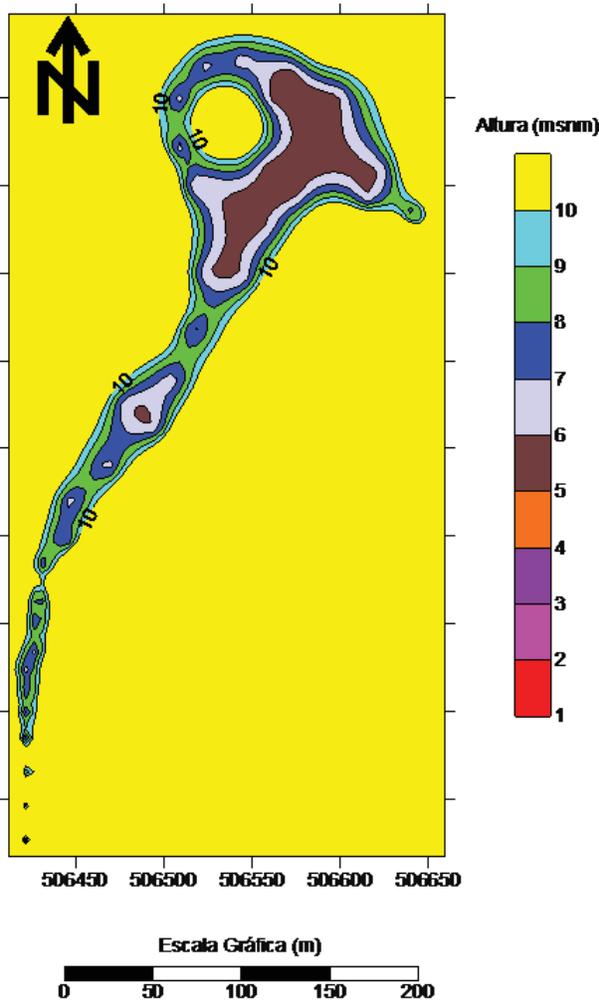


Imagen 3. Batimetría general vaso regulador Cencali.

Recordemos que este vaso regulador estuvo sometido a un proceso de dragado por succión en el año 2005, a cargo del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) y por ello se define el periodo de 10 años para los cálculos de aporte de sedimentos (2005-2015).

Vaso Regulador Tomas Garrido Canabal. La cuenca urbana que influye en el vaso <Tomas Garrido Canabal> cuenta con una población de 4,629 habitantes (INEGI, 2010), y densidad poblacional de 0.005 habitantes por m². El área es de 814,208.5 m² y un perímetro total de la cuenca urbana de 8,081 m. Después de realizar los recorridos programados para ambas márgenes de este vaso, los datos colectados respecto al inventario de descargas de aguas (pluviales y residuales) demostraron que existen 13 descargas de aguas residuales y 48 corresponden a descargas de aguas pluviales (figura 6)

Este vaso muestra un panorama similar al vaso regulador <Cencali> respecto a los datos obtenidos en la batimetría, específicamente en el brazo localizado en las coordenadas 17° 59' 51.4"-17° 59' 49.7" latitud Norte y 92° 56' 03"-92° 56' 01.6" longitud Oeste, el cual cuenta con una mayor tasa de azolve debido a que presenta descargas directas de aguas residuales y pluviales de las casas-habitación aledañas; este brazo cuenta con la mayor tasa de materia orgánica proveniente de las hojas de los árboles colindantes; además esta sección registra una altura de agua promedio de 1.28 m, una profundidad de 2.22 m, respecto al resto del vaso regulador, el cuerpo de agua representa en su extensión una altura de agua promedio de 1.62 m y una profundidad máxima 3.35 m, el espejo de agua que se registro en el vaso regulador durante los días de muestreo fue de 160,985.5 m².

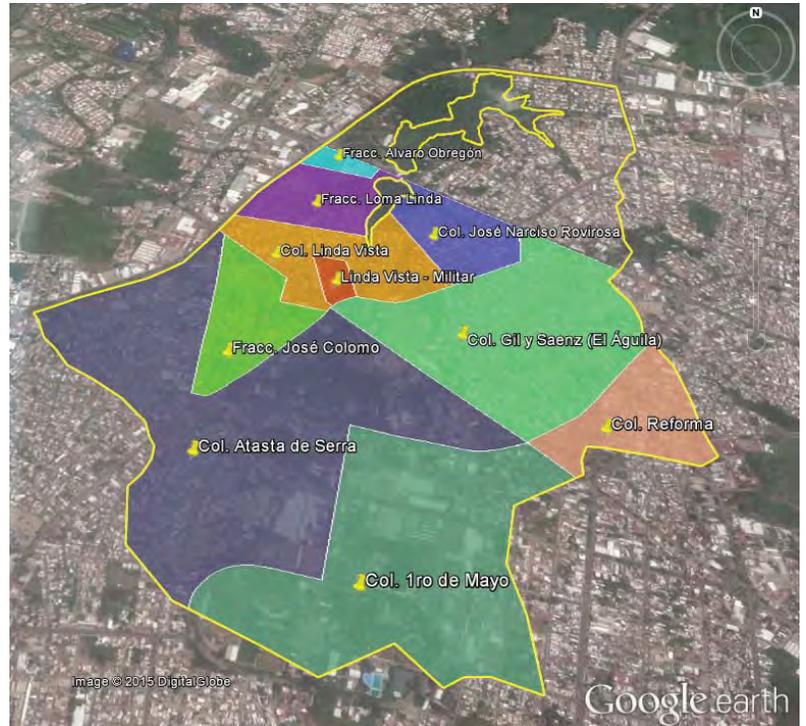
El vaso regulador Tomás Garrido Canabal consta de un área 814,208.5 m², actualmente se estima un volumen de 261,200.74 m³ de agua de un aproximado de 670,415.25 m³ de su capacidad total, lo cual representa una pérdida del 38.96 % de su volumen efectivo. Por otro lado consta de un área de 160,989.5 m² y el volumen de sedimento presente del 2005 al 2015 se estima en 179,420 m³, esto nos muestra que

tal vaso regulador tendría una capacidad de almacenamiento total de 440,620.7 m³ si no presentara la acumulación de sedimentos aportados por escurrimientos de la cuenca urbana y por descargas de aguas residuales existentes (intermitentes). En este sentido el aporte de sedimento por carga urbana para el vaso Tomás Garrido Canabal es de 28,973.53 m³/año. Es importante aclarar que este vaso regulador no ha sido sometido a ningún proceso de desazolve (imagen 4).

Análisis hidrológico en el área de influencia del estudio (radio de 8 km). Los resultados obtenidos son los siguientes: a) Volumen de agua aproximada captado en el mes más lluvioso (área del radio de estudio: 201,630,000 m²): 36,817,638.00 m³/mes; y b) Volumen de agua aproximada perdido en el mes más seco (área del radio de estudio: 201,630,000 m²): 20,727,564.00 m³/mes.

Las cifras oficiales sobre la pérdida de área superficial han causado mucha controversia entre las instituciones gubernamentales y no gubernamentales (ONG) que buscan la protección de este ecosistema, por lo que para este análisis se cuantificó que la superficie que presentaba en 1984 era de 242.7 ha sólo de superficie de agua (obtenida de fotografía aérea INEGI, 1984) y para el 2015, el área total de la superficie de agua de la laguna es de 189.1 ha; con esto podemos considerar que a partir de un modelo lineal, la tasa de pérdida de área superficial total de la laguna se estima en -1.73 ha, lo que es preocupante pues de continuar con el efecto constante de degradación para el año 2050 se espera habrá una superficie de 128.5 ha (gráfica 1, 2, 3). Finalmente se realiza la estimación del volumen de aportación total de sedimentos, esto se realiza a través de aplicación de un balance de materia, considerando las aportaciones de la cuenca urbana, como son escurrimientos superficiales (arrastre pluvial) y el aporte por descarga de agua residual directa (población), (imagen 5).

Considerando todas las entradas del sistema, la estimación total de aporte de sedimentos a los vasos reguladores <Cencali> y <Tomás Garrido Canabal> en un período de 10 años por



Fotografía 3. Delimitación de cuenca urbana en el vaso regulador Tomás Garrido Canabal (fuente: Google Earth, 2015).

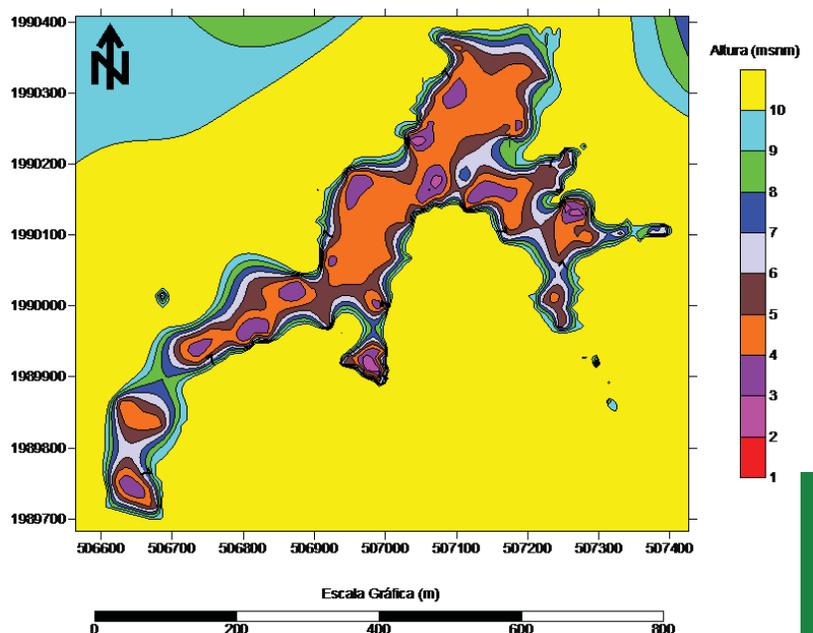


Imagen 4. Batimetría general vaso regulador Tomás Garrido Canabal.

escurrimiento (cuenca urbana y población) es de 60,361.75 m³ para ambos cuerpos de agua; y está distribuido de la siguiente manera: el 62.41 % (37,671.0 m³) corresponde al vaso regulador <Cencali> y el 37.59 % (179,420 m³) al vaso regulador <Tomas Garrido Canabal>. Estas correlaciones están en función al volumen total estimado y el volumen total medido físicamente mediante el proceso de batimetría.



Imagen 5. Estimado del Aporte de sedimentos en 10 años (2005-2015).

¿Cuáles fueron los resultados obtenidos?

Haciendo un comparativo entre ambos vasos reguladores, podemos concluir que es el vaso regulador <Cencali> el que presenta una mayor tasa de azolve, ya que el 62.41 % de los sedimentos totales estimados se depositan en este vaso regulador, esto por ser la entrada principal de los escurrimientos de la cuenca urbana y recibe el principal aporte de aguas residuales a través del canal pluvial <Ernesto Malda> y solo el 37.59 % de estos solidos se transfieren por arrastre y se acumulan en la segunda etapa de la Laguna de las Ilusiones que es el vaso regulador <Tomas Garrido Canabal>.

Esto también indica que existe una mayor tasa de materia orgánica (N, P, DBO) en el vaso regulador <Cencali>, haciendo que el oxígeno se agote gradualmente impulsando el proceso de eutrofización de este y contribuyendo a la acumulación de sedimentos en capas que afecta el equilibrio de la columna agua-sedimento, provocando que el tirante de agua disminuya considerablemente y haciendo factible la vida acuática sólo de manera superficial.

La aportación de materia orgánica hace aún más grave el escenario para ambos cuerpos de agua, ya que son 46,620.25 m³ de solidos totales y una carga de materia orgánica de 13,741.5 m³, que escurren por aportación de la cuenca urbana y de la población flotante (80,000 habitantes). De seguir con estas aportaciones constantes específicamente al vaso <Cencali>, la tendencia indica un proceso de azolve y desplazamiento total de la columna de agua por sedimentos, se llevaría a efecto en un período de 7 a 10 años. Es por esta razón que este vaso regulador debe ser azolvado a la brevedad posible y se deberá diseñar, implementar y mantener un programa de saneamiento permanente.

El gasto medio generado de aguas residuales en la cuenca urbana que aporta a estos dos vasos reguladores es de 75.33 l/s y el mínimo presentado es de 37.67 l/s y el máximo extraordinario se estima en 293.27 l/s. Dentro de los datos de operación del Sistema de Agua y Saneamiento del estado de Tabasco, en el 2015 reportó que el caudal del cárcamo Ernesto Malda presenta en promedio un gasto de 350 l/s y máximo de 500 l/s. En ese sentido las descargas sobre el vaso <Tomás Garrido Canabal> son intermitentes por lo que sólo se pudieron medir en cinco ocasiones presentando caudales de 0.2 l/s, y para el caso de la descarga constante fue sólo la del canal pluvial Ernesto Malda, el cual es utilizado para descargar aguas residuales pues pobladores de la cuenca se han conectado a él con descargas domiciliarias. Las descargas que se midieron sobre el canal de Ernesto Malda en 2015, presentaron un caudal medio de 60 l/s, un caudal mínimo de 27 l/s y máximo instantáneo de 115 l/s, aunque en periodos decembrinos hay picos mayores a 115 l/s.

Por todo esto es imperante diseñar, implementar y mantener un proceso integral de saneamiento ambiental permanente para ambos vasos reguladores y así poder mantener condiciones óptimas que permitan preservar esta reserva ecológica. Con base a los resultados obtenidos, podemos recomendar lo siguiente:

- a) Es de carácter urgente azolver el vaso regulador <Cencali>, cuenta con un mayor volumen de sedimentos y descargas de aguas residuales.
- b) Reforzar las medidas prohibitivas y sanciones para toda persona física o dependencia gubernamental que continúe realizando acciones de pesca, descarga de aguas u otra actividad que como destino final de sus residuos generados sean los vasos reguladores.
- c) Como medida urgente todas las descargas de aguas residuales y cárcamos existentes deben ser clausuradas.
- d) Que el organismo gubernamental responsable gestione recursos financieros y humanos permanentes con el objetivo de implementar el saneamiento ambiental integral de ambos vasos reguladores.
- e) Un monitoreo permanente e integral en la reserva ecológica Laguna de las Ilusiones.

Cuadro 1. Diferencias del uso de suelo (1984-2014).

Categoría	Área (Ha)		Diferencias (Ha)	Estatus
	1984	2014		
Asentamientos humanos	3,066.96	6,703.53	3,636.58	Aumenta
Cuerpos de agua	2,007.06	1,964.66	-42.41	Disminuye
Infraestructura petrolera	12.98	234.16	221.19	Aumenta
Pastizal cultivado	7,841.65	5,911.64	-1,930.01	Disminuye
Pastizal inducido inundable	5,618.43	4,091.96	-1,526.48	Disminuye
Popal tular	863.73	845.23	-18.50	Disminuye
Vegetación hidrófita flotante	135.45	38.86	-96.59	Disminuye
Vegetación secundaria	602.99	235.37	-367.63	Disminuye
Vías de transporte	159.59	283.44	123.85	Aumenta
Total	20,308.84	20,308.84		

Cuadro 2. Pronóstico de uso de suelo en el área de estudio (método lineal).

Categoría	Área (Ha)		Pronóstico del Área (Ha)	
	1984	2014	2024	2044
Asentamientos humanos	3,066.96	6,703.53	7,915.73	10,340.11
Cuerpos de agua	2,007.06	1,964.66	1,950.52	19,22.25
Infraestructura petrolera	12.98	234.16	307.89	455.35
Pastizal cultivado	7,841.65	5,911.64	5,268.30	3,981.63
Pastizal inducido inundable	5,618.43	4,091.96	3,583.13	2,565.48
Popal tular	863.73	845.23	839.06	826.73
Vegetación hidrófita flotante	135.45	38.86	6.66	-57.73
Vegetación secundaria	602.99	235.37	112.82	-132.26
Vías de transporte	159.59	283.44	324.72	407.28
Total	20,308.84	20,308.84	20,308.84	20,308.84

Cuadro 3. Localidades que integra la cuenta de aportación de escurrimientos pluviales, vaso regulador «Cencali»

Colonia	Habitantes	Área (m ²)	Perímetro (m)
Col. Jesús García	1,777	540,288	5,812
Col. Adolfo López Mateos	762	158,287	2,361
Fraccionamiento Lago Ilusiones	532	60,440	1,155
Fraccionamiento Lidia Esther	275	61,843	1,077
Col. Florida	438	62,155	1,430
Col. Nueva Villahermosa	845	92,181	1,451

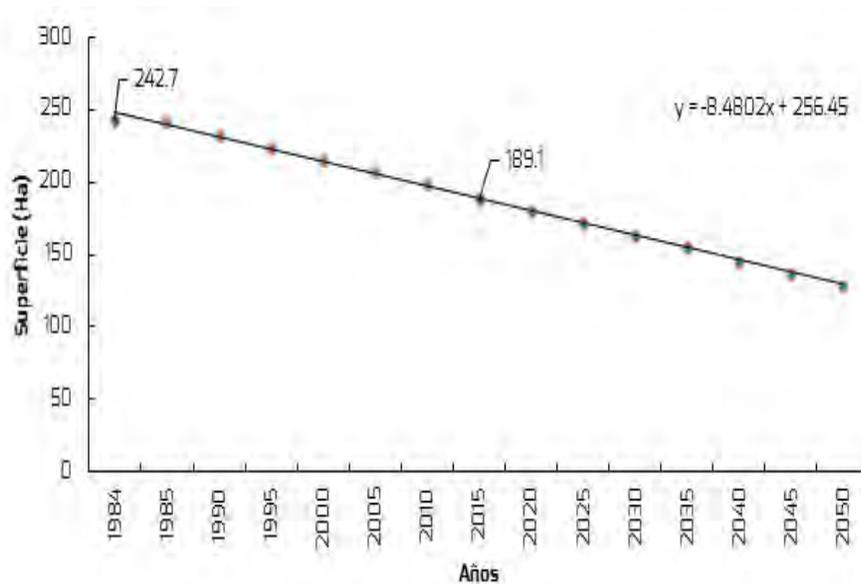
Cuadro 4. Localidades que integran la cuenca de aportación de escurrimientos pluviales, vaso regulador «Tomás Garrido Canabal».

Colonia	Habitantes	Área (m ²)	Perímetro (m)
Col. José Narciso Rovirosa	2,331	185,903	1,886
Col. Gil y Sáenz (El Águila)	8,232	668,641	3,584
Col. 1º de Mayo	1,101	671,824	4,195
Col. Reforma	2,382	187,236	2,136
Col. Atasta de Serra	8,549	1,167,288	6,793
Fraccionamiento José Colómo	1,205	206,295	2,233
Col. Linda Vista	3,878	275,513	3,352
Fraccionamiento Loma Linda	466	186,921	2,050
Unidad Habitacional Militar-Linda Vista	131	30,535	745
Fraccionamiento Álvaro Obregón	995	35,946	851

Cuadro 5. Variables morfométricas para ambos vasos reguladores.

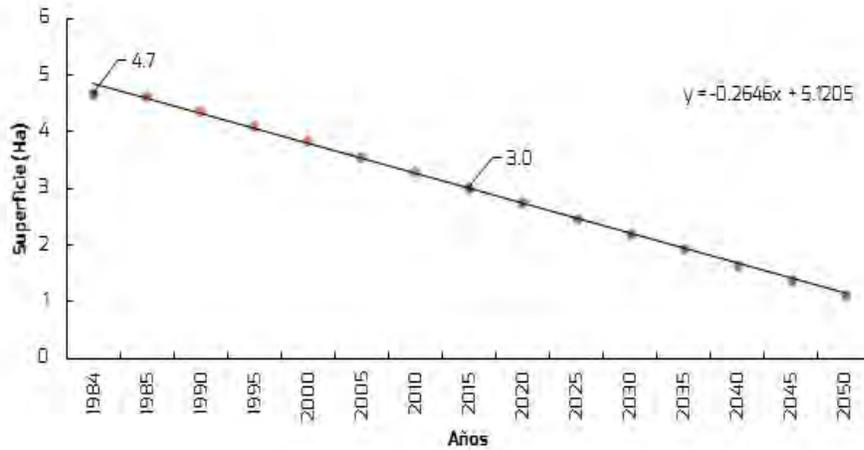
Variables morfométricas	Cencali	Tomás Garrido Canabal
Longitud máxima	30.18 m ²	160,985.5 m ²
Perímetro	1,242 m	8,081 m
Profundidad máxima	1.43 m	3.35 m
Profundidad media	2.07 m	1.62 m
Área	30,178 m ²	814,208.5 m ²
Volumen	24,890.40 m ³	261,200.74 m ³
Volumen Calculado	37,670.91 m ³	26,1200.74 m ³

Gráfica 1. Degradación Laguna de las Ilusiones utilizando un método lineal $y=mx+b$.



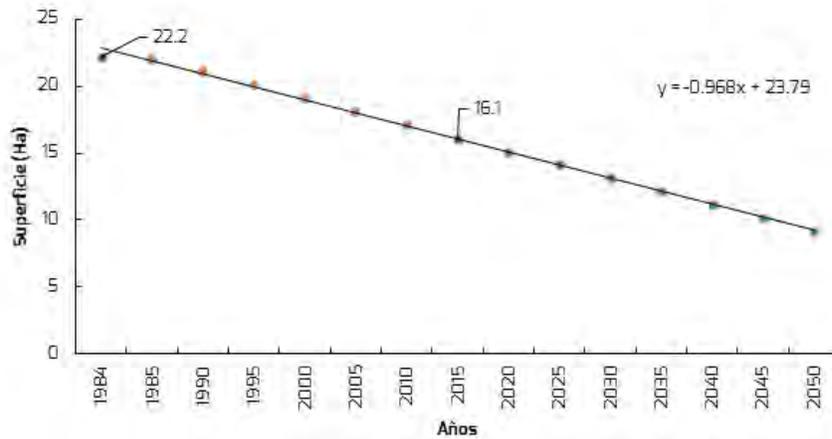
*Pérdida de superficie de la Laguna de las Ilusiones en el período 1984-2015:
Laguna de Las Ilusiones 2015—Área: 1,890,660.22 m²—Perímetro: 34,028 m
Laguna de Las Ilusiones 1984—Área: 2,427,160.92 m²—Perímetro: 35,668 m*

Gráfica 2. Degradación vaso regulador Cencali utilizando un método lineal $y=mx+b$.



Pérdida de superficie del vaso regulador «Cencali» en el período 1984-2015:
 Vaso Cencali 2015—Área: 30,138 m²—
 Perímetro: 1,242 m
 Vaso Cencali 1984—Área: 46,920 m²—
 Perímetro: 2,239m

Gráfica 3. Degradación vaso regulador Tomás Garrido Canabal utilizando un método lineal $y=mx+b$.



Pérdida de superficie del vaso regulador «Tomás Garrido Canabal» en el período 1984-2015:
 Vaso Tomás Garrido Canabal 2015—
 Área: 160,989.5 m²—Perímetro:
 3,742 m
 Vaso Tomás Garrido Canabal 1984—
 Área: 222,229 m²—Perímetro: 4,159
 m

Referencias

Afferden, M.V.; Hansen, A.M. & Torres Bejarano, F. (2008). Saneamiento del vaso Cencali, Villahermosa, Tabasco: II. Diseño del proceso. *Ingeniería Hidráulica en México*, 23(1): 57-60. Recuperado de: <http://biblat.unam.mx/es/revista/ingenieria-hidraulica-en-mexico/articulo/saneamiento-del-vaso-cencali-villahermosa-tabasco-ii-diseno-del-proceso>

Aguirre Alcalá, J.J.; Ahuja Hernández, D.E.; Hernández Sauret, A.; López Leal, L.; Méndez Manzanilla, J. & Temoltzin Córdova, M.M. (1998). *Evaluación social del saneamiento del vaso Cencali en la ciudad de Villahermosa, Tabasco* (p. 57). Villahermosa, Tabasco; México: Secretaría de Desarrollo Social y Protección al Ambiente, (SEDESPA); Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (CEPEP). Recuperado el 30/jul/2015 de: <http://www.cepal.org/ilpes/noticias/paginas/1/52961/Doc-82.pdf>

Aparicio Mirajes, F.J. (2007). Fundamentos de hidrología de superficie. Distrito Federal, México: LIMUSA. Recuperado el 18/feb/2016 de: <http://es.slideshare.net/GraziRuas/fundamentos-de-hidrologia-de-superficie-aporicio-francisco>

Batrez Gonzalez, J.J.; Ortells Chabrera, V. & Lorenzo Palomera, J. (2010, enero-junio). Diseño y ordenamiento de la dinámica urbana, medio ineludible en la preservación sustentable de los recursos hídricos naturales urbanos en México: caso lagunas urbanas del sur de Tamaulipas (Tampico-Madero-Altamira). *QUIVERA revista de estudios urbanos regionales, territoriales, ambientales y sociales*, 12(1):1-13. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40113202001>

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2015, 10 de abril). *Noticias de la Organización para las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura* (FAO, en inglés). Recuperado el 18/jun/2015 de: <http://www.fao.org/news/stories/item/283110/icode/>

Gobierno del Estado de Tabasco. (1987). Laguna de las Ilusiones y su entorno urbano. Villahermosa, Tabasco; México: Secretaría de Comunicaciones, Asentamientos Humanos y Obras Públicas (Dirección de Planificación) del Gobierno del Estado de Tabasco.

Goñi Arevalo, J.A.; Hernández Pérez, O.; Toledo Gómez, J.L.; & Pérez Méndez, M.A. (1991). Eutroficación de la Laguna de las Ilusiones y un modelo empírico del fósforo. *Universidad y Ciencia*, 8(16).

Hansen, A.M., Afferden, M.V. & Torres Bejarano, F. (2007). Saneamiento del vaso Cencali, Villahermosa, Tabasco: I. Contaminación y reúso de sedimentos. *Ingeniería Hidráulica en México*, 22(4): 87-102. Recuperado el 4/jul/2015 de: <http://repositorio.imta.mx:8080/cenca-repositorio/bitstream/123456789/847/1/215854.pdf>

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2010). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía* (sitio electrónico oficial). Recuperado el 24/oct/2015 de: <http://www.inegi.gob.mx>

Malagamba Moguel, A. (2010). *Petición en conformidad con el artículo 14 del Acuerdo de Cooperación Ambiental de América del Norte (ACAAN), omisiones en la aplicación efectiva de su legislación ambiental a la autorización y construcción del proyecto Puente Mirador y Cultural Desarrollo Bicentenario* (el «Puente Bicentenario» o «Proyecto»). Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte. Recuperado de http://www.cec.org/sites/default/files/submissions/2006_2010/9514_10-4-sub_es.pdf

Rodríguez Rodríguez, E. (2002). Inventario municipal. En: Rodríguez Rodríguez, E. (Ed.), *Las lagunas continentales de Tabasco* (p. 264). Villahermosa, Tabasco; México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

SERNAPAM (Secretaría de Energía, Recursos Naturales y Protección Ambiental). (2012). Aniversario de las Reservas Ecológicas: Laguna de las Ilusiones, Parque Ecológico de la Chontalpa y Laguna la Lima. Recuperado el 12/jul/2015 de: <http://sernapam.tabasco.gob.mx/content/aniversario-de-las-reservas-ecol%C3%B3gicaslaguna-de-las-ilusiones-parque-ecol%C3%B3gico-de-la>

Sierra Ramirez, C.A. (2011). Calidad del agua, evaluación y diagnóstico (p. 457). Bogotá, Colombia: Ediciones de la U. Recuperado de: <https://es.scribd.com/doc/165648643/Evaluacion-de-la-calidad-del-Agua#scribd>

Torres-Orozco, R. & García-Calderon, J. (1995). Introducción al manejo de datos limnológicos (p. 130). México: Universidad Autónoma Metropolitana. Recuperado de: <http://www.worldcat.org/title/introduccion-al-manejo-de-datos-limnologicos/oclc/47229857>

UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization). (2012). *Noticias de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura* (UNESCO, en Inglés). Recuperado el 18/jun/2015 de: <http://www.unesco.org/news/es/natural-sciences/about-us/single-view/news>

Zequeira Larios, C. & Castillo Acosta, O. (2015). *Programa de manejo y conservación de la reserva ecológica Laguna de las Ilusiones*. Villahermosa, Tabasco; México: División Académica de Ciencias Biológicas (DACBIOL), Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT); Secretaría de Energía, Recursos Naturales y Protección Ambiental (SERNAPAM), Gobierno del Estado de Tabasco. Recuperado de: http://sernapam.tabasco.gob.mx/sites/all/files/sites/sernapam.tabasco.gob.mx/files/Programa_Manejo_LagunaIlusiones.pdf



UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO
DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DIFUSIÓN Cultural

Instalaciones
Culturas Emergentes
Música
Teatro
Fotografía
Artes Plásticas
Canción

K'elen-Bijj 2016
Muestra de Arte Contemporáneo y Culturas Emergentes

www.ujat.mx

**FUENTE DE LOS FUNDADORES, POR LA CONMEMORACIÓN DE LOS 25 AÑOS DE BIOLOGÍA EN LA UJAT
(K'elen-Bijj 2016: MUESTRA DE ARTE CONTEMPORÁNEO Y CULTURAS EMERGENTES)**

División Académica de Ciencias Biológicas; Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

Villahermosa, Tabasco; México.

Fotografía: José Francisco Juárez López & Ydania del Carmen Rosado López

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

DACBiol



EDIFICIO DR. ANDRÉS RESÉNDEZ MEDINA: *antes Centro de Investigación en Biología y Biotecnología Tropical.*
División Académica de Ciencias Biológicas; Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
Villahermosa, Tabasco; México.

Fotografía de Rafael Sánchez Gutiérrez



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.

