



**UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO**  
**DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**



**Ingeniería en Agronomía**

**DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y ANÁLISIS TEXTURAL DE LOS  
SEDIMENTOS DE FONDO EN UNA LAGUNA URBANA EN  
TABASCO.**

**TESIS**

**PRESENTA**

**ALMA ELIZABETH LÓPEZ DE LA CRUZ**

**DIRECTOR DE TESIS**

Dr. Rufo Sánchez Hernández

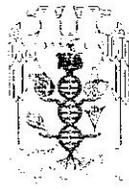
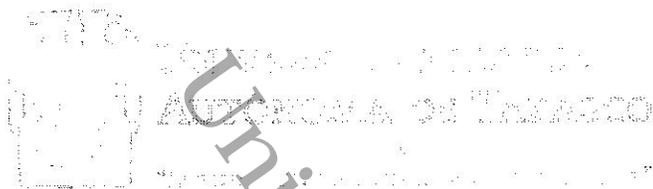
**CODIRECTOR**

Dr. Juan de Dios Mendoza Palacios

Villahermosa, Tabasco, Noviembre de 2016.

## ÍNDICE GENERAL

	Página
ÍNDICE DE CUADROS .....	i
ÍNDICE DE FIGURAS .....	ii
RESUMEN .....	iii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. JUSTIFICACIÓN .....	3
III. OBJETIVOS E HIPÓTESIS .....	5
3.1 Objetivos .....	5
3.1.1 3.1.1. <i>Objetivo general</i> .....	5
3.1.2 3.1.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	5
3.2 3.2. Hipótesis .....	5
IV. MARCO TEÓRICO .....	6
4.1 Importancia de las lagunas urbanas .....	6
4.2 Factores que afectan los cuerpos lagunares .....	7
4.2.1 Eutrofización .....	7
4.2.2 Contaminación con metales pesados .....	8
4.2.3 Aspectos de las orillas de las lagunas urbanas .....	9
4.2.4 Acumulación de sedimentos .....	9
4.3 Factores que afectan el transporte y acumulación de sedimentos .....	10
4.4 Métodos para evaluar el tamaño de partículas del sedimento, su transporte y acumulación en cuerpos lagunares .....	11
4.5 Importancia de la evaluación textural de los sedimentos en cuerpos lagunares .....	12
V. MATERIALES Y MÉTODOS .....	15
5.1 Localización de área de estudio y sitios de muestreos .....	15
5.2 Sectorización del vaso Tomas Garrido de la laguna las Ilusiones .....	15
5.3 Medición del espesor de sedimento puntual .....	16
5.4 Muestreo de sedimentos .....	17
5.5 Determinación textural de los sedimentos .....	18
5.6 Análisis Estadísticos de los datos .....	20
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	21
VII. CONCLUSIONES .....	32
VIII. LITERATURA CITADA .....	34



DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

COORDINACIÓN DE ESTUDIOS TERMINALES

Asunto: Autorización de Impresión de Trabajo Recepcional bajo la Modalidad de: Tesis. Fecha: 28 de octubre de 2016

LIC. MARIBEL VALENCIA THOMPSON, JEFA DEL DEPARTAMENTO DE CERTIFICACIÓN Y TITULACIÓN DE LA UJAT. PRESENTE.

Por este conducto y de acuerdo a la solicitud correspondiente por parte del interesado(a), informo a usted, con base al artículo 86 del Reglamento de Titulación Vigente en esta Universidad, la Dirección a mi cargo autoriza al (la) C. Alma Elizabeth López de la Cruz, con matrícula 102C16004, egresado(a) de la licenciatura de Ingeniería en Agronomía, de la División Académica de Ciencias Agropecuarias, la impresión de su trabajo recepcional bajo la modalidad de Tesis, Titulado: "Distribución espacial y análisis textural de los sedimentos de fondo en una laguna urbana en Tabasco".

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE

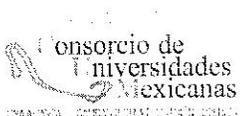
DR. ROBERTO FLORES BELLO DIRECTOR

[Handwritten signature of Dr. Roberto Flores Bello]



C.c.p.- Expediente Alumno. Archivo DR.RFB/MC.MBC

[Handwritten signature]



Km 25 de la carr. fed. 195, tramo Villahermosa-Teapa Ra. La Huasteca, 2ª sección, 86298. Centro, Tabasco, México Tel. (+52 993) 3581500-Ext. 6614 Correo electrónico: terminalesdaca@gmail.com

## CARTA AUTORIZACIÓN

### A quien corresponda:

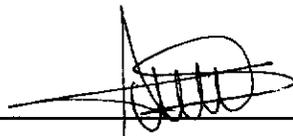
La que suscribe, autoriza por medio del presente escrito a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco para que utilice, tanto física como digitalmente, el Trabajo Recepcional de Tesis, titulado: "Distribución espacial y análisis textural de los sedimentos de fondo en una laguna urbana en Tabasco" de la cual soy autora y titular de los Derechos de Autor.

La finalidad del uso por parte de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco de la Tesis antes, mencionada, será única y exclusivamente para difusión, educación y sin fines de lucro; autorización que se hace de manera enunciativa para subirla a la **Red Abierta de Bibliotecas Digitales (RABID)** y a cualquier otra red académica con las que la universidad tenga relación institucional.

Por lo antes manifestado, libero a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco de cualquier reclamación legal que pudiera ejercer respecto al uso y manipulación de la Tesis mencionada y para los fines estipulados en éste documento.

Se firma la presente autorización en la ciudad de Villahermosa, Tabasco a los Veintiocho días del mes de Octubre del año 2016.

AUTORIZO



ALMA ELIZABETH LÓPEZ DE LA CRUZ

102C16004

## DEDICATORIA

A la virgen Santa Martha que intercedió por mi ante dios todo poderoso para que él siempre pusiera a las personas correctas en mi camino y librándome de cualquier obstáculo que se pudiera presentar durante mi carrera y por darme la oportunidad de estar con una gran familia y ayudarme día a día a cumplir mis metas y que siempre escucho mis oraciones.

A mis padres al Sr. Delmar López de Dios y a la Sra. Amelia de la Cruz Medina por su valioso apoyo durante toda la carrera.

A mi esposo Valentín Ascencio selva y mi hijo Valentín Ascencio López porque siempre fueron mi motor mi aliento para no decaer en las peores rachas.

A toda mi familia que siempre confió en mí, e hizo que esto no solo fuera un sueño, sino que también se hiciera realidad.

Al profesor el Dr. Juan de Dios Mendoza Palacio, que siempre me brindo su confianza y su apreciable amistad.

## AGRADECIMIENTOS

A mis maestros por ayudarme e impulsarme al conocimiento, por todo el apoyo brindado y por compartir sus conocimientos.

A mis maestros asesores por todo el apoyo otorgado a lo largo de la culminación de este trabajo, por brindarme su confianza y compartir sus conocimientos de gran ayuda en mi formación profesional.

A mis padres que siempre me inculcaron que el estudio es la mejor herencia para los hijos y ante cualquier adversidad siempre confiaron en mí.

A mis hermanos y amigos que me apoyaron y me brindaron ayuda incondicionalmente.

A mi esposo e hijo por su paciencia y comprensión por no estar con ellos tiempo completo.

Al Proyecto ER034 Conservación y rescate de la laguna de las ilusiones, Villahermosa, Centro, Tabasco. Subproyecto: Estudio batimétrico de áreas críticas azolvadas y zonas con baja profundidad que afectan el desplazamiento de los manatíes y caracterización de sedimento, factibilidad de manejo, financiado por la Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental (SERNAPAM).

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>		<b>Página</b>
<b>1</b>	Distribución espacial de las clases texturales en dos estratos del perfil de sedimentos del área del vaso Tomás Garrido de la laguna de las Ilusiones.	<b>23</b>
<b>2</b>	Distribución espacial de las clases texturales en dos estratos del perfil de sedimentos del área del vaso Tomás Garrido de la laguna de las Ilusiones.	<b>24</b>
<b>3</b>	Variables batimétricas del vaso Tomas Garrido de la laguna las Ilusiones.	<b>29</b>
<b>4</b>	Resultados del análisis de correlación entre las variables batimétricas y las facies sedimentarias del vaso Tomas Garrido de la laguna de las Ilusiones.	<b>29</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Sectorización del vaso Tomas Garrido de la laguna las Ilusiones para la distribución espacial de las facies sedimentarias.	15
2	Sitios de medición del espesor de sedimento en el Vaso Tomás Garrido.	17
3	Porcentajes promedios de arena, limo y arcilla del primer estrato de los sedimentos en diferentes áreas del vaso Tomás Garrido de la laguna de las Ilusiones. § Letras diferentes son estadísticamente diferentes con una $p \leq 0.05$ .	21
4	Porcentajes promedios de arena, limo y arcilla del segundo estrato de los sedimentos en diferentes áreas del vaso Tomás Garrido de la laguna de las Ilusiones.	22
5 a,b,c	Distribución espacial de las fracciones arcilla, limo y arena en el primer estrato de los sedimentos de fondo del vaso Tomás Garrido de la laguna las Ilusiones, en Villahermosa, Tabasco.	25
6 a,b,c	Distribución espacial de las fracciones arcilla, limo y arena en el segundo estrato de los sedimentos de fondo del vaso Tomás Garrido de la laguna las Ilusiones, en Villahermosa, Tabasco.	26
7	Mapa de distribución de espesor de sedimento en el Vaso Tomás Garrido en la laguna las Ilusiones, Villahermosa Tabasco.	31

## RESUMEN

Se desarrolló una investigación con el objetivo de determinar la distribución espacial de las diferentes clases texturales de los sedimentos de fondo en el vaso Tomás Garrido de la laguna Las Ilusiones de la Ciudad de Villahermosa, Tabasco. Para su estudio, dicho vaso se dividió en los sectores: Noroeste (NO), Noreste (NE), y Suroeste (SO); por la forma irregular que presentó la cubeta, el sector Sureste (SE) no fue muestreado. En la superficie total del vaso se ubicaron 16 estaciones de muestreos, en donde se colectaron sedimentos para determinar su textura y se determinó la batimetría y el espesor de sedimento *In situ*. Los resultados sugieren que la cubeta del vaso es de forma irregular alargada, orientada en dirección SO-NE, que presenta una distribución homogénea de las diferentes facies sedimentarias, dominadas principalmente por partículas de arena, seguidas de arcillas y limos; en la parte media del vaso, en orientación SO-NE, se observa la presencia de un mayor porcentaje de arenas. El estrato inferior es dominado por la fracción arcillosa. La clase textural dominante en el estrato superior del fondo es franco-arenosa en un 50 % del total de la superficie del primer estrato, mientras que el segundo estrato es dominado por la clase textural arcillosa. La profundidad máxima alcanzó los 2.89 m en el sector central, mientras que el valor medio no superó los 1.80 m. la profundidad de la lámina de agua correlacionó positivamente con la fracción arena, y negativa con la fracción arcillosa.

## I. INTRODUCCIÓN

Los depósitos de sedimentos funcionan como fuente o reserva de muchos nutrientes esenciales (Hung y Hung, 2003). Los sedimentos pueden constituirse por arena, arcilla, limo y otras partículas sueltas del suelo que se depositan en el fondo de una masa de agua. Estos materiales pueden provenir de la erosión del suelo o de la descomposición de plantas y animales (Komar, 1976). El viento, el agua y el hielo pueden transportar estas partículas hasta los ríos, lagos y arroyos. También son depósitos de una variedad de desechos biológicos, químicos y contaminantes, por lo que esta matriz sedimentaria funciona como, sumidero de contaminantes por ejemplo metales pesados y compuestos orgánicos tóxicos. Por otro lado, compensan los déficits de nutrientes en periodos de alta demanda biológica, liberando parte de estas formas retenidas (Carmouze, 1994). Por otra parte la determinación de la textura de los sedimentos en cuestión de la movilidad de los sedimentos y sus contaminantes absorbidos, es un factor que complica la evaluación de riesgos ecológicos, además la energía externa disponible en el ambiente o en el sistema se refleja en las características del sedimento; por ello, la composición de los materiales de origen alóctono o autóctono, así como la velocidad con que se acumulan, expresa la actividad de una laguna como un receptor de una cuenca y como centro de la actividad biológica (Margalef, 1983). Los sedimentos superficiales o recientes juegan un papel esencial en los procesos que regulan la disponibilidad de nutrientes en el embalse; diferentes estados de oxidación del N (nitrógeno) (amonificación, nitrificación) y del P (fosforo) incrementan la velocidad de intercambio en la interface agua-sedimento (Ramírez y Pizarro, 2005). Uno de los aspectos más importantes en la caracterización de los sedimentos es conocer el tamaño de las partículas, el cual está relacionado con el tamaño en el área superficial, debido a que las partículas de grano fino tienen una mayor área de superficie a su radio, tienden a formar láminas más compactas y con una mayor área, lo que propicia la acumulación de materia orgánica y contaminantes (De Groot et al. 1982).

La cantidad de sedimentos transportados y acumulados en los cuerpos lagunares, representa un grave problema, particularmente de aquellos que se encuentran dentro o cerca de las áreas urbanas. Estos sedimentos representan los medios de transportes de sustancias contaminantes y nutrientes que influyen en la calidad del agua y grado de eutrofización de los cuerpos lagunares (Hansen *et al.* 2007).

La caracterización textural de los sedimentos, permite comprender su transporte y dinámica dentro de las lagunas ( McLaren y Beveridge, 2006 ); información que es necesaria para la formulación de planes de manejo y la toma de decisiones orientadas al aprovechamiento sustentables de estos valiosos recursos hídricos

Por la importancia que representa lo anteriormente descrito, el objetivo del presente trabajo es realizar un estudio sobre la distribución espacial y las características texturales del sedimento del vaso Tomás Garrido de la laguna de las Ilusiones en Villahermosa, Tabasco.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
México.

## II. JUSTIFICACIÓN

El diseño y planeación de las lagunas urbanas juega un papel muy importante en la protección del medio ambiente. Estos cuerpos lagunares representan un importante activo para el equilibrio del ecosistema, debido a la riqueza de su biodiversidad, su función como pulmón de las ciudades, esparcimiento familiar, valor paisajístico y su atractivo turístico (Batres *et al.*2010). Sin embargo, debido a que estos espacios se encuentran enclavados en núcleos urbanos, donde se genera un importante número de descargas de aguas residuales, altos volúmenes de desechos sólidos, cierre de comunicaciones con otros vasos lagunares, y represamiento de los ríos que los alimentan, estos ecosistemas han sufrido múltiples transformaciones.

La laguna de las Ilusiones es de origen natural por contacto (Rodríguez-Rodríguez 2002), cuyo acceso se ha visto interrumpido por una compuerta artificial, que regula el nivel del agua. Actualmente, esta laguna enfrenta severos daños por acumulación de sedimentos, contaminación por metales pesados, así como por agentes químicos y biológicos (Valencia 1989; Padrón-Rivera 2004). Como se ha observado, cada vez menor disponibilidad de alimento y daños considerables a los organismos que lo habitan (Páez-Osuna *et al.*1986). La cantidad de sedimentos transportados y acumulados en este como en cualquier otra laguna, representa un grave problema, ya que estos sedimentos representan los medios de transportes de sustancias contaminantes y nutrientes que influyen en la calidad del agua y grado de eutrofización de los cuerpos lagunares (Hansen *et al.* 2007); además de que una vez que dichos sedimentos continentales llegan a las lagunas, su depósito en el lecho abate los niveles de profundidad del fondo, o bien, cierra temporalmente el área de la desembocadura de las mismas (Galván *et al.* 1999).

Para establecer acciones orientadas a la recuperación y rehabilitación de la laguna, así como advertir riesgos ecológicos, es necesario conocer los posibles destinos finales del depósito del material sedimentario, al determinar las trayectorias netas de transporte, junto con su comportamiento dinámico (acumulación y equilibrio dinámico) (McLaren y Beveridge2006).

Un análisis de las tendencias espaciales de los parámetros texturales del sedimento puede ser usado para predecir como ocurre el transporte y destino de dichos sedimentos, así como inferir sobre las posibles áreas fuentes de donde provienen (McLaren y Beveridge 2006; Sánchez *et al.* 2008).

En el estado de Tabasco, son pocos los trabajos orientados a caracterizar los sedimentos desde el punto de vista textural, por lo que el presente trabajo plantea ofrecer información que pueda coadyuvar en la toma de decisiones sobre el manejo y saneamiento de la laguna Las Ilusiones.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
México.

### III. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

#### 3.1. Objetivos

##### 3.1.1. *Objetivo general*

- Determinar la distribución espacial de las diferentes clases texturales de los sedimentos de fondo en el vaso Tomás Garrido de la laguna Las Ilusiones, para generar información de referencia que sirva como base para implementar esquemas de monitoreo ambiental y comprender los procesos sedimentarios que regulan el funcionamiento del ecosistema.

##### 3.1.2. *Objetivos específicos*

- Determinar la distribución de las clases texturales a diferentes profundidades en perfiles tomados en el fondo del vaso Tomás Garrido de la Laguna las Ilusiones, en Villahermosa Tabasco, México.
- Generar mapas a través de los S.I.G. Para representar la distribución espacial en el fondo del vaso Tomás Garrido de la Laguna las Ilusiones, en Villahermosa, Tabasco, México.

#### 3.2. Hipótesis

- Las diferentes clases texturales de los sedimentos superficiales o recientes se distribuyen de manera homogénea en toda el área que ocupa el cuerpo lagunar, siendo las finas las dominantes en los sedimentos de fondo de la laguna las ilusiones, Villahermosa Tabasco, México.

## IV. MARCO TEÓRICO

### 4.1 Importancia de las lagunas urbanas.

La palabra laguna se deriva del latín *acuna* que significa piscina, hueco o vacío; por lo que este término se refiere a los cuerpos de agua poco profundas. Usualmente las lagunas no cuentan con grandes caudales o ríos que desembocan en ellas; sus profundidades raras veces exceden de unos cuantos metros, por lo que son altamente susceptibles a los cambios de precipitación, evaporación y viento (Miththapala 2013). Las lagunas urbanas son espacios que juegan un importante papel para mantener el equilibrio del medio ambiente. Son reguladoras de inundaciones, medios de navegación y recreación, atractivos estéticos, y mantienen o aportan hábitats en la ciudad, que conservan la biodiversidad regional, y llegan a ser un componente clave en el diseño de algunos parques urbanos (Sánchez *et al.* 2012). Estos recursos hídricos son uno de los aspectos del paisaje, que contribuyen significativamente a incrementar la calidad de vida de los centros urbanos, debido a que proporcionan amenidad, son espacios para las actividades educativas y recreativas, e incluso mitigan el clima urbano (Naselli-Flores 2008). De acuerdo con Singh y Bhatnagar (2012), el término lago normalmente se concibe como una vasta superficie de agua, que se ubica en un ambiente puro e inalterado, en donde la gente puede ir a recrearse a través de paseos, camping, pesca o nado; no obstante, cuando uno menciona “lago urbano” la imagen se desmitifica, debido a que dichos lagos urbanos se perciben diferentes a los lagos en general, por lo que no se les reconoce su gran valor y funcionalidad para el ambiente y la sociedad.

Las lagunas urbanas son importantes ambientes acuáticos para las grandes ciudades. Se distinguen de otros lagos por su poca profundidad, baja relación drenaje/superficie de agua, balance de agua, ciclaje de nutrientes y status trófico. A pesar de que son altamente artificiales y con frecuencia hipertróficos; son más las personas que entran en contacto con estos espacios que con los lagos naturales y rurales. En la actualidad, las lagunas urbanas continúan teniendo un importante papel en la sociedad como fuente de pesca, recreación y cultura.

Inclusive hay algunas lagunas urbanas, como es el caso las Ilusiones, que son capaces de albergar poblaciones de especies de reptiles y mamíferos como cocodrilos y manatíes, consideradas como en peligro de extinción (Rodríguez y Olivera, 2012).

## **4.2 Factores que afectan los cuerpos lagunares**

### **4.2.1 Eutrofización**

De acuerdo con la visión clásica (Phillips *et al.* 1978), los cambios asociados al proceso de eutrofización ocurren de forma gradual asociados al aumento de concentración de nutrientes. El aporte de nutrientes estimula el crecimiento de fitoplancton, lo que disminuye la luz que llega al sedimento limitando de este modo el crecimiento de macrófitas. Se inicia así un proceso de auto perpetuación donde se produce la desaparición gradual de la vegetación sumergida y la comunidad de productores primarios queda dominada totalmente por el fitoplancton (Jeppesen 1998). Por lo tanto, la eutrofización se asocia con aguas turbias vinculadas a floraciones fitoplanctónicas tóxicas, mortandades masivas de peces, generación de malos olores, disminución de la diversidad biológica e interferencias significativas con diversos usos de los recursos acuáticos (Hallegraeff 1992). Sin embargo, se han observado lagos eutróficos con valores de biomasa Fito planctónica muy diferentes para la misma carga de nutrientes, y esa visión clásica de relaciones causales ha sufrido un amplio re direccionamiento (Scheffer 1990).

Las cuencas urbanas producen mayores cantidades de fosforo, en comparación con las aguas de otro tipo de cuencas. Esto se debe a que las superficies impermeables de las áreas metropolitanas, se lavan con las aguas pluviales, las cuales escurren hasta las lagunas urbanas (Schueler y Simpson 2001). Se suman las descargas de sedimentos y aguas residuales, que contienen grandes cantidades de fosforo y otros elementos químicos que traen como consecuencia, un acelerado crecimiento de fitoplancton, flores y plantas acuáticas que pueden deteriorar la calidad del agua, y poner en riesgo a las poblaciones locales (Sorensen 1996). Por lo general, en las lagunas urbanas no hay recambio de agua

limpia, por lo que al no haber dilución de la carga de nutrientes, estos se acumulan, provocando un rápido crecimiento de algas como el fitoplancton y cianobacterias, que causan turbidez en el agua, atenúan la luz y reducen la cantidad de oxígeno disuelto, lo que en conjunto provocan un cambio de dominio de la vegetación de las lagunas (Reynolds 2006). Este aumento en las concentraciones de fitoplancton y cianobacterias, pueden causar riesgos sanitarios, ya que estos organismos producen una amplia variedad de compuestos tóxicos, que se asocian a la producción de malolientes moléculas orgánicas que impiden la mayoría de los usos del agua, particularmente a lo largo de orillas de los lagos que es donde se acumulan espumas de cianobacterias tóxicas (-Naselli-Flores 2008).

#### **4.2.2 Contaminación con metales pesados.**

En las zonas urbanas se generan grandes cantidades de desechos tóxicos, provenientes de motores de vehículos, desechos domésticos e industriales. Dichos residuos se transportan como pequeñas partículas microscópicas que caen sobre el pavimento y de ahí son arrastrados a los lagos urbanos mediante el agua de lluvia. Frecuentemente en las capas de sedimentos de las lagunas urbanas, se encuentran Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP) procedente de los combustibles fósiles de combustión, compuestos organoclorados como el clordano, dieldrina, DDT total, bifenilospoliclorados (PCB), entre otros. Asimismo, se pueden encontrar pesticidas y herbicidas que puede contaminar los sedimentos con metales pesados. Según (Mahler *et al.* 2006) en sedimentos de lagunas urbanas es muy común encontrar arsénico, cadmio, cromo, plomo, mercurio, níquel, y zinc. La mayoría de estos productos químicos son tóxicos para los organismos que habitan en los lagos, tales como macro invertebrados y algunos micrófitos.

#### **4.2.3 Aspectos de las orillas de las lagunas urbanas.**

La vegetación natural de las orillas tiene una influencia directa sobre la integridad ecológica de las lagunas, proveen sombra, acumulan basura de hojas, restos de madera, protegen de la erosión y conservan el hábitat del litoral. Cuando esta vegetación natural es sustituida por pastos para estabilizar la orilla, zona del litoral se ve afectada, por lo que se provoca un impacto adverso tanto para peces como para otros organismos acuáticos (*Trauty Hostetler 2004*). Además, el desarrollo de actividades turísticas en las orillas de las lagunas provoca que estas sean utilizadas como sistemas sépticos, que incrementan las concentraciones de fósforo, y que dificultan el tratamiento de las aguas pluviales que escurren hasta la laguna.

#### **4.2.4 Acumulación de sedimentos.**

Los sedimentos son un factor fundamental en el control de los ambientes lacustres, según (*Cowardin et al. 1979*), definen el ambiente lacustre como los humedales y hábitats de aguas profundas situados en una depresión topográfica o en el cauce de un río represado, carecen de árboles, arbustos, plantas emergentes persistentes, musgos, o con más de 30% de cobertura de área. Ya que generalmente presentan concentraciones considerables de elementos traza y nutrientes. Las reacciones geoquímica que se llevan a cabo en los sedimentos, el intercambio y la difusión de iones disueltos o adsorbidos, compuestos y gases a través de la interface agua-sedimento, afectan los ciclos de varios elementos químicos, particularmente en el flujo del carbono, nitrógeno, fósforo y sulfuro (*Kennish 1986*). Aunado a ello, hay variables ambientales tales como la salinidad, el tipo de sedimento y su contenido de materia orgánica, los cuales afectan la distribución de los organismos bentónicos y el establecimiento de la vegetación acuática (*Lu et al. 2008*).

Un aspecto importante de los sedimentos en los cuerpos lagunares, es que sirven como medio de transporte de algunos nutrientes, entre ellos algunos elementos contaminantes. En los ecosistemas acuáticos, el fósforo y el nitrógeno son nutrientes que los productores primarios toman directamente del agua o de los

sedimentos. La abundancia de estos elementos está directamente relacionada con el tipo de suelo que exista en la cuenca de captación, ya que suele ser mayor en lagos situados en cuencas sedimentarias y en ambientes influidos por actividades humanas que producen descargas puntuales como las industriales y domésticas o difusas como las agropecuarias (Bremigan *et al.* 2008). Estos nutrientes no sólo se encuentran en la columna de agua sino también en los sedimentos del fondo, en particular el fósforo, que se encuentra bajo diferentes formas, asociado al hierro, al calcio (apatita) o fósforo orgánico (Mayer *et al.* 2006).

#### **4.3 Factores que afectan el transporte y acumulación de sedimentos.**

Los procesos de erosión y sedimentación en una laguna constan de los fenómenos de desprendimiento, transporte y depósito de partículas fluviales. Una vez que los sedimentos llegan a la laguna, su depósito en el lecho abate los niveles de profundidad del fondo, o bien, cierra temporalmente el área de las desembocaduras, llegando a obstruir su comunicación con otras lagunas. El desarrollo de actividades de laguna impone el mantener éstos sistemas constantes en sus niveles del lecho y comunicación; para lograrlo se implementan programas tales como el dragado y la construcción de estructuras de protección que son muy costosas y no toman en cuenta el impacto que puedan tener sobre otra parte del ecosistema (Treviño *et al.* 1986).

Los sedimentos se generan a partir de erosión, siendo el escurrimiento el responsable de transportar las partículas de suelo hasta la corriente, donde se depositan temporalmente (Satterlund 1972). Desde su llegada a los sedimentos padecen un transporte diferenciado donde los diámetros mayores se quedan en la zona de cauces, mientras que el resto llega hasta las zonas de descarga (Engelund y Hasen 1966). La carga del lecho es transportada a lo largo de la trayectoria la que siguen las líneas de corriente y se mueve por deslizamientos; se mantienen contacto permanente con el fondo fijo, por lo tanto, los cambios que sufre el lecho son muy bruscos. La carga en suspensión está compuesta por materiales finos que se mueven a casi la misma velocidad del flujo. Finalmente, cuando una corriente alcanza otro cuerpo de agua, el encuentro entre corriente y

el cuerpo receptor crea una interface donde se va a producir el depósito de partículas, debido a que el flujo pierde energía al grado de no poder igualar el peso de las partículas y éstas precipitan (Díaz 1984).

#### **4.4 Métodos para evaluar el tamaño de partículas del sedimento, su transporte y acumulación en cuerpos lagunares.**

El tamaño de las partículas en los sedimentos influye tanto en sus propiedades químicas y físicas, en su dispersión, así como en las características de su sedimentación.

Por ello, son varios los procedimientos para determinar el tamaño de partícula de los sedimentos. En laboratorio, para la caracterización del tamaño de grano de los sedimentos, se puede realizar un análisis granulométrico, mediante el cual se separa la fracción gruesa (>0.0625 mm), de la fracción lodosa a través de un tamizado húmedo. La proporción limo/arcilla se evalúa por medio de la técnica de pipeteo propuesta por (Folk 1974) y las arenas, se considera como fracción total.

La determinación de la distribución del tamaño de partículas (ATP) es uno de los más comunes; este es un análisis textural para la clasificación de las partículas o sedimentos. Existe una amplia gama de métodos que permiten llevar a cabo este tipo de análisis, entre ellos tenemos: hidrómetro, pipeta, sensor de presión, rayos X, y el de difracción de rayos láser (Gee y Or2002). Se sabe, sin embargo, que los resultados del análisis dependen del método de determinación (Gee y Bauder1986). De ahí la importancia de indicar claramente qué método y se ha empleado cuando se reporta la distribución de valores. Uno de los métodos que se empleado con mayor regularidad es el del hidrómetro. El mismo se sustenta en la ley de Stokes, que para el hidrómetro puede ser escrita como una dependencia lineal entre el diámetro de la partícula  $X$ , y el inverso de la raíz cuadrada del tiempo del tipo:

$$X = \theta t^{-1/2}$$

Dónde:  $\theta$  es un parámetro de sedimentación y es una función de la profundidad de asentamiento del hidrómetro, la viscosidad de la solución y la densidad de la partícula y la solución. Dentro del propio método se reconocen dos

aproximaciones principales: la seguida por la Sociedad Americana de Certificación de Materiales (ASTM, 2000), y la de la Sociedad Americana de las Ciencias del Suelo (SSSA) (Gee y Or, 2002). La SSSA basa su metodología en una versión modificada de la de Day (1965) y la de la ASTM (1985). Según Bohn y Gebhardt (1989), hay tres elementos indispensables para la seguridad del método, son ellos: el control de la temperatura, el dispersante y el tiempo de medición de la densidad. Por su parte, en 1994, con apoyo del Soil Conservation Service (SCS) desarrollaron el modelo de simulación Agrícola Non Point (AGNPS) V5.0. Este modelo predice el efecto del área. Parte de una desratización en malla regular equidistante en ambas direcciones y se compone de los siguientes módulos: Hidrología y Producción de sedimentos-arrastre de nutrientes.

#### **4.5 Importancia de la evaluación textural de los sedimentos en cuerpos lagunares.**

Las características de los sedimentos son determinantes en el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos. Según Chester (1970) si la tasa de suministro de sedimentos es baja y uniforme y las condiciones de energía son relativamente constantes, una buena huella de los ambientes de depósito se puede encontrar en los sedimentos. Al contrario, si el suministro de sedimento y las condiciones de energía fluctúan ampliamente, los depósitos resultantes mostrarán un amplio y confuso rango estadístico de tamaño. De aquí que, dependiendo de las características morfológicas, batimétricas, material sedimentario y los agentes dinámicos, se generarán respuestas diferenciadas en la distribución del sedimento y por tanto en cambios batimétricos y morfológicos. La caracterización del sedimento ayuda a interpretar los procesos y el nivel de energía para el transporte y depósito de sedimentos. Esto a su vez es una componente de las variables que condicionan la distribución del sistema biótico y las modificaciones que puedan producirse en éste. Al respecto, (Al-Gabanes et al.1994) señalan, que la determinación de la textura de los sedimentos es importante en los estudios de los sistemas acuáticos porque se ha demostrado que la adsorción de contaminantes orgánicos hidrofóbicos y metales, se correlacionan con esta textura del suelo

define la proporción relativa de grupos dimensionales de partículas. Proporciona una idea general de las propiedades físicas de los sedimentos. Su determinación es rápida y con bastante aproximación por el método de Bouyoucos. En general el problema es separar los agregados y analizar sólo las partículas. En el presente método se elimina la agregación debida a materia orgánica y la floculación debida a los cationes calcio y magnesio. No se eliminan otros cementantes como carbonatos. El tiempo de lectura se ha escogido de 40 segundos para la separación de partículas mayores de 0.05 mm (arena) y de 2 horas para partículas de diámetro mayores de 0.002 mm (limo y arena). Estos límites han sido establecidos por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (fecha) y se han usado para ajustar la solución hasta que se obtenga una lectura de 36 con el hidrómetro.

El análisis de la distribución espacial de los parámetros texturales del sedimento podría indicar los posibles destinos finales de depositación del material sedimentario, al determinar las trayectorias netas de transporte, junto con su comportamiento dinámico (McLaren y Beveridge 2006). Asimismo, la información del análisis de las tendencias espaciales puede ser usada para predecir el transporte y destino de los agentes contaminantes asociados al sedimento (Sánchez *et al.* 2008).

El uso de los parámetros texturales (tamaño medio de grano, selección y asimetría) para inferir la trayectoria de partículas fue en un principio indicado por la reducción del tamaño de las partículas en dirección de la corriente y/o transporte. (Sunamuray Horikawa 1971) realizaron una combinación de los parámetros tamaño medio del grano y selección, e indicaron cuatro posibles casos donde es posible inferir la trayectoria del material sedimentario. McLaren y Bowles (1985) propusieron la combinación de tres parámetros texturales para inferir el transporte de sedimento, mediante un modelo unidimensional, sobre la base de un análisis estadístico de normalidad que indica las trayectorias significativas de transporte de sedimento. Posteriormente, los modelos de transporte sedimentario bidimensionales propuestos por Poizot y Mear (2008) se sustentaron en geometría

analítica, análisis vectorial y estadístico, con la finalidad de obtener resultados más robustos en la magnitud y dirección de los vectores resultantes de transporte.

De acuerdo a Valette (1993) el tamaño de grano de los sedimentos influye en la cantidad de materiales orgánicos que están presentes; él reportó que existe una relación inversamente proporcional entre la distribución de M.O. y el tamaño de grano, en donde a menor tamaño de grano se presenta una mayor acumulación de M.O. Las fracciones representadas por limo y arcillas tienen entre 27 y 30 veces más contenido de C.O. que la fracción arenosa. Este aumento en el contenido del C.O. en las fracciones finas, según Padmalal y Seralathan (1995), puede ser atribuido al incremento del área superficial en dichas partículas que da como resultado un aumento de su capacidad adsorbente.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
México.

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1 Localización de área de estudio y sitios de muestreos.

El trabajo de investigación se realizó en el vaso Tomás Garrido de laguna las Ilusiones que se encuentra ubicada en la Ciudad de Villahermosa, Municipio del Centro, Tabasco. Geográficamente se localiza entre los  $17^{\circ} 57'47.29''$  y  $18^{\circ}02'49.95''$  de latitud Norte y  $92^{\circ}54'09.27''$  y  $93^{\circ}01'11.34''$  de longitud Oeste, la superficie estimada es de 259.2 ha.

### 5.2 Sectorización del vaso Tomás Garrido de la laguna las Ilusiones.

Para realizar una distribución espacial de las facies sedimentarias (arena, limo y arcilla), el área de la laguna se dividió en cuatro sectores: 1° Noroeste (NO), 2° Noreste (NE), 3° Suroeste (SO) y 4° Sureste (SE). Por la forma irregular que presentó la cubeta de la laguna, en el sector Sureste (SE) no se incluyó ninguna estación de muestreo (Figura 1).

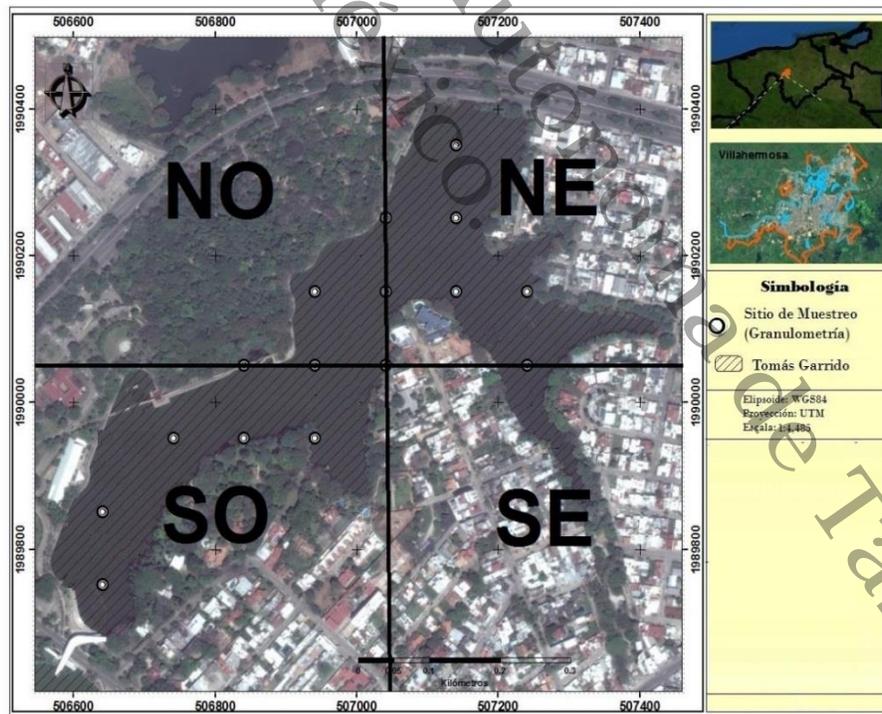


Figura 1. Sectorización del vaso Tomás Garrido de la laguna las Ilusiones para la distribución espacial de las facies sedimentarias.

Mediante un Sistema de Información Geográfico (SIG) se ubicaron 16 estaciones de muestreos, donde se tomaron las muestras de los perfiles de sedimentos del fondo de la Laguna de las Ilusiones.

### **5.3 Medición del espesor de sedimento puntual**

Se definió una malla de 20 x 20 m, el espesor de sedimento se midió al centro de cada malla, generando para el vaso Tomás Garrido 410 sitios de medición (Figura 2).

En cada sitio se midió la profundidad desde el espejo del agua hasta la elevación del terreno natural del fondo de la laguna. Para el levantamiento de estas medidas se utilizó ecosonda manual y un tubo galvanizado de 6.4 m de longitud y media pulgada de diámetro. Para evitar la entrada de sedimento en la parte inferior del tubo, se le colocó un tapón galvanizado. Finalmente, el espesor de sedimento puntual, se obtuvo restando la profundidad del agua en el punto considerado (tirante de agua) de la profundidad desde el espejo del agua hasta la elevación del terreno natural del fondo de la laguna. Al igual que en el levantamiento batimétrico, la elevación del fondo de los cuerpos de agua se ligó con los puntos GPS1 y GPS2 conectados a la Red Geodésica Nacional pasiva del INEGI.

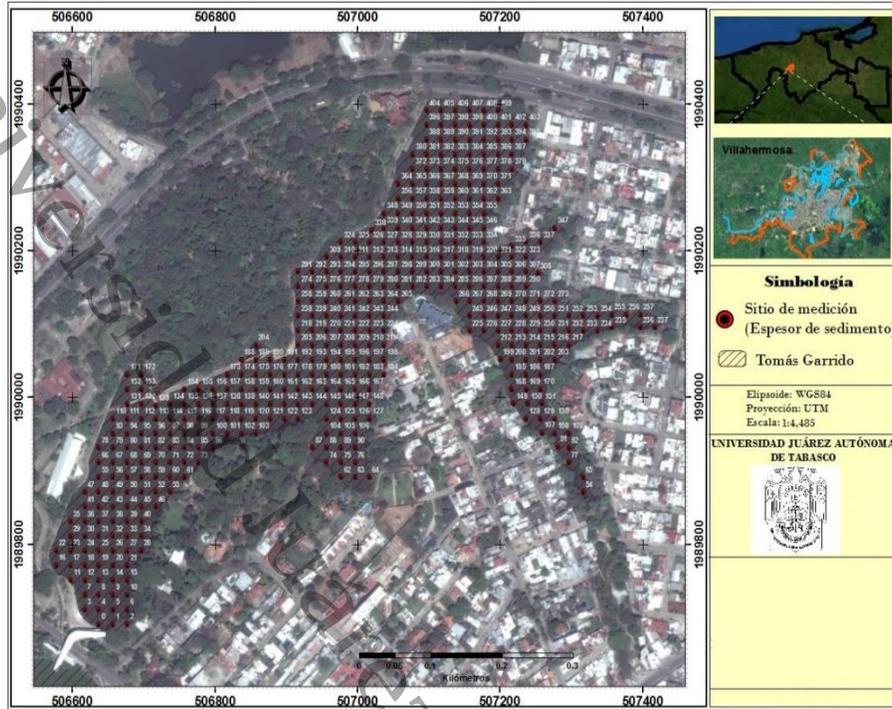


Figura 2. Sitios de medición del espesor de sedimento en el Vaso Tomás Garrido.

#### 5.4 Muestreo de sedimentos.

Se llevó a cabo el muestreo del sedimento del fondo de la Laguna de las ilusiones en el vaso Tomas Garrido, en los meses de septiembre, octubre, Noviembre y Diciembre. Utilizando como medio de transporte una lancha de motor. Las muestras se obtuvieron con un nucleador de acero inoxidable tipo “core sampler” de 1.04 metros de longitud y 50.8 mm de diámetro; utilizando extensiones hasta de 3 metros. Este tipo de nucleador se encuentra bipartido longitudinalmente, por lo que al abrirlo se puede extraer y diferenciar los estratos que forman la columna de sedimentos. Cada columna de sedimento fue identificado y dividido en sus estratos los cuales fueron separados de acuerdo a su color y/o textura basado en una prueba textural de campo. Colocada en bolsas de plástico para su traslado al laboratorio de suelos de la División Académica de Ciencias Agropecuarias (DACA) de la UJAT, para su preparación y análisis correspondiente.

## 5.5 Determinación textural de los sedimentos

La determinación de la textura de los sedimentos se realizó por el procedimiento de Bouyoucos utilizando el método AS-09 (NOM-21, 2000), el cual se describe más abajo

Posteriormente cada sustrato se le midió la profundidad de la lámina de agua y luego su espesor (vertical).

Primeramente, las muestras de los sedimentos fueron colocadas en charolas de aluminio se desgregaron en pequeñas partículas para facilitar un secado más rápido al aire y a la sombra y se separaron objetos extraños, como pedazos de madera y plásticos que contenían.

### **Procedimiento:**

Dado que las muestras de sedimentos presentaban altos contenidos de MO se procedió a su eliminación ya que esta es un agente floculante para ello se procedió de la siguiente manera:

Se pesaron 60 g de suelo de textura fina (o 120 g de suelo de textura gruesa si es el caso) en un vaso de precipitados de 500 ml y se agregó 40 ml de agua oxigenada y se colocó en una parrilla de calentamiento a evaporar hasta sequedad, luego se agregaron otros 40 ml y se repitió el proceso hasta por tres ocasiones para algunas muestras con mayor contenido de MO. Y se observó la reacción, hasta que no hubo efervescencia al agua oxigenada.

En general dos aplicaciones de agua oxigenada fueron suficientes para la mayoría de sedimentos. Después de eliminar la materia orgánica y llevar a sequedad el suelo se, pesaron 50 g de sedimentos de textura arcillosa o 100 g de sedimento de textura arenosa y se colocaron en un vaso de dispersión de 500 ml. se adiciono agua hasta cubrir la superficie con una lámina de 2 cm. Se agregó 35 ml de la solución de floculante de hexametáfosfato de sodio y dejar reposar durante 15 minutos. Si el suelo tenía mucha arcilla se prolongó el tiempo hasta media hora.

Posteriormente se coloca en el dispersor durante 5 minutos, si se trata de arenas, y durante 15 minutos para los demás suelos.

Se transfirió cuantitativamente el contenido de la copa de dispersión al cilindro de sedimentación de Bouyoucos y con el hidrómetro dentro, se completó con agua destilada a 1130 mL, si se pesaron 50 g, ó hasta 1205 mL, si se pesaron 100 g de sedimento. Se sacó el hidrómetro y se agito vigorosamente con un agitador manual, cuya base es circular, durante un minuto aproximadamente hacia arriba y hacia abajo con la finalidad de mantener en suspensión todas las partículas del sedimento. Se detiene la agitación, se empieza a contar el tiempo, con el cronómetro. Y a los 15 ó 20 segundos se sumerge lentamente el hidrómetro y a los 40 segundos exactamente después de la agitación, se toma la lectura del hidrómetro en el menisco superior. Se repite la agitación manual hasta por tres ocasiones para obtener el promedio de esta primera lectura con el hidrómetro. Si al efectuar la lectura hay mucha espuma debido a la materia orgánica, se añaden las gotas necesarias de alcohol amílico sobre la superficie de la suspensión (dependiendo de la espuma formada, en la mayoría de los casos dos gotas son suficientes) antes de hacer la primera lectura. Se anota la lectura e inmediatamente se toma la temperatura y la hora en que se hicieron ambas. Se saca suavemente el hidrómetro, se enjuaga y se seca para la segunda lectura.

Esta segunda lectura se efectúa (sin agitar la muestra) al finalizar 2 horas, las cuales se cuentan a partir del instante en que se puso a sedimentar la suspensión; nuevamente se toma la temperatura y se anota.

#### **Cálculos:**

Se corrigen por temperatura las lecturas del hidrómetro agregando 0.36 por cada grado arriba de 19.5°C y reduciendo la misma cifra por cada grado abajo de 19.5 °C. Necesariamente la suma de los porcentajes de arena, limo y arcilla, deberá sumar 100, puesto que se parte de esa cifra para los cálculos.

Si se pesan 50 g, la primera lectura corregida por temperatura se multiplica por dos y se resta de 100; (si se pesaron 100 g, no se multiplica por dos) y al

restar de 100 se obtiene el porcentaje de arenas. La segunda lectura corregida por temperatura se multiplica por dos (si se pesaron 50 g), y se obtiene el porcentaje de arcilla, si se pasaron 100 g no se multiplica por dos. El limo se obtiene restando de 100 los porcentajes de arena y de arcilla.

## **5.6 Análisis Estadísticos de los datos**

La distribución porcentual de los componentes de arena, limo y arcilla se realizó mediante análisis de varianzas, correlación y pruebas de comparación de media de Tukey, ( $P > F$ ) tomando como base de comparación la distribución porcentual de las diferentes facies sedimentarias entre los sectores NO, NE y SO. Para realizar dichos análisis, la información fue procesada mediante el paquete estadístico SAS para Windows versión 6.12.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
México.

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos indican que las clases texturales de los sedimentos del primer estrato son dominadas por las arenas, siguiéndole la fracción arcillosa y limosa, respectivamente. Excepto en el cuadrante SO en donde la fracción limosa está por arriba de la fracción arcillosa. El sector SO acumula una mayor cantidad de sedimento limoso (39%), con respecto a los otros sectores. Por su parte en el NO del vaso de la laguna hay una mayor cantidad de arcilla (34%) sin llegar a superar a la fracción arenosa. Estos resultados sugieren que en el vaso de la laguna se identifica un patrón uniforme de corriente o turbulencias que ocasiona una distribución uniforme de una clase textural, ya que como se puede observar la mayor superficie del fondo de la laguna es dominada una clase textural franco arenosa. Es probable que el sector NE sea el que registre una mayor turbulencia en alguna época del año, aunque muy ligera con respecto al resto de los sectores de la laguna, esto provoca que haya una mayor concentración de sedimento grueso, ya que en esta área el porcentaje de arena alcanza un 60 %, valor superior al 24 % de arcilla y del 16 que se registra; es decir, que ambos tamaños de partículas se acumulan en porcentajes casi iguales (Figura 3).

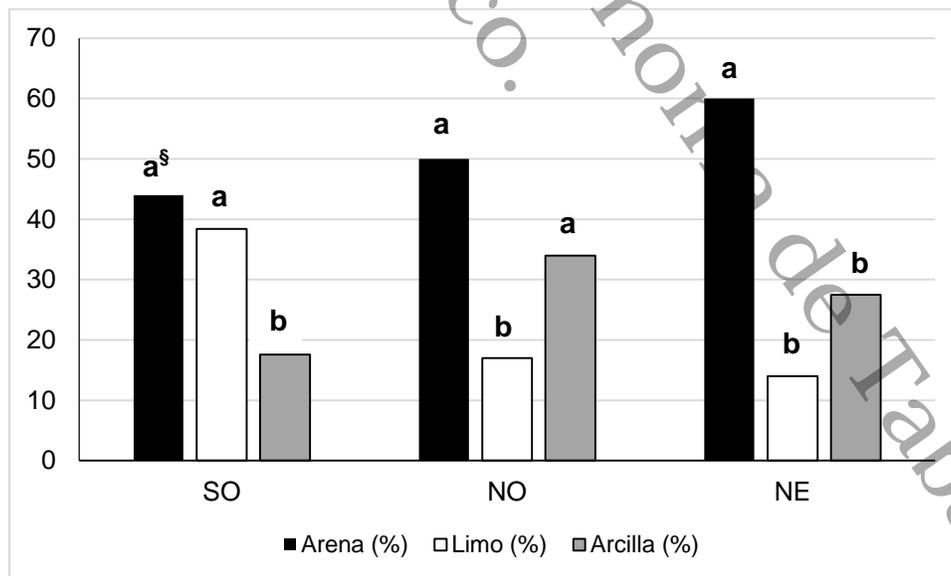


Figura 3. Porcentajes promedios de arena, limo y arcilla del primer estrato de los sedimentos en diferentes áreas del vaso Tomás Garrido de la laguna de las Ilusiones. <sup>§</sup> Letras diferentes son estadísticamente diferentes con una  $p \leq 0.05$ .

Por su parte en el segundo estrato se observa que la fracción dominante es la arcilla, siguiéndole en orden de importancia la arena y el limo respectivamente, aunque destaca que el sector SO presenta un mayor porcentaje de arcillas, seguido de los sectores NE y NO respectivamente (Figura 4).

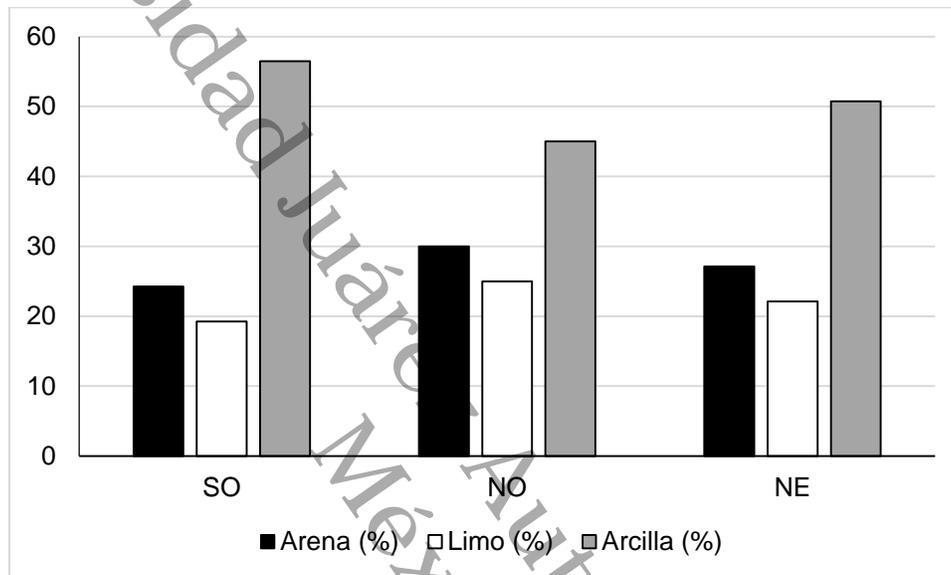


Figura 4. Porcentajes promedios de arena, limo y arcilla del segundo estrato de los sedimentos en diferentes áreas del vaso Tomás Garrido de la laguna de las Ilusiones.

Como se pueden observar en el comparativo de ambas gráficas, la estratificación de las clases texturales hace suponer que la hidrodinámica que registra actualmente la laguna fue modificada, ya que el estrato inferior arcilloso puede deberse a que anteriormente se recibía un mayor aporte de sedimento fino a través de las corrientes de agua, a diferencia de lo que actualmente acontece donde la incomunicación del cuerpo lagunar por una compuerta ubicada en el vaso Cencali, ha reducido las cantidades de sedimentos que se reciben en el vaso Tomás Garrido. Según Edward y Héquette (2007), el predominio de la textura arcillosa ocurre cuando en el cuerpo de agua se registra una baja energía cinética media (ECM), que permite la sedimentación de la fracción fina, situación que pudo haberse registrado anteriormente; por el contrario, el dominio de la arena señala la

presencia de una alta ECM, generada por el continuo movimiento turbulento de agua, que favorece la deposición de material grueso que arrastra el material fino, impidiendo su asentamiento, es probable que la acumulación de material grueso acumulado en el estrato superior, se deba más a una baja captación de sedimento fino, que a una alta remoción de sedimento en la superficie.

De acuerdo a la distribución de arena, limo y arcillas, las clases texturales del primer estrato son las que se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Distribución espacial de las clases texturales en dos estratos del perfil de sedimentos del área del vaso Tomás Garrido de la laguna de las Ilusiones.

CU <sup>§</sup>	NS	Prof.	Arena	Limo	Arcilla	Clase textural
		(Cm)	-----(%)------			
SO	1	0-60	48	40	12	Franco
SO	2	0-34	52	35	13	Franco arenoso
SO	3	0-47.5	11	77	12	Franco limoso
SO	4	0-23	69	20	11	Franco arenoso
SO	6	0-40	40	20	40	Franco limoso
NO	5	0-51	42	15	43	Franco arcillosa
NO	7	0-50	53	16	31	Franco arcillo arenoso
NO	8	0-15	ND	ND	ND	ND
NO	9	0-57	52	18	30	Franco arcillo arenoso
NO	10	0-66	62	12	26	Franco Arcillo arenoso
NO	11	0-45	36	21	43	Franco arcilloso
NE	12	0-30	ND	ND	ND	ND
NE	13	0-72	51	24	25	Franco arcillo arenoso
NE	14	0-8	78	4	18	Franco arenosa
NE	15	0-50	42	21	37	Franco arcillosa
NE	16	0-57	53	22	25	Franco arcillo arenosa

<sup>§</sup> Abreviaturas: CU: Cuadrante; NS: Numero de sitio; Prof: Profundidad; Are: Arena; Lim: Limo; Arc: Arcilla; SO: Suroeste; NO: Noroeste; NE: Noreste; ND: No determinado.

Como se puede observar en el estrato superior el 50% de la clase textural que domina en el fondo de la laguna es franco arenosa, seguido de la clase franco arcillosa y franco limosa, lo que da cuenta de que estas fracciones finas tienen a no acumularse debido a una baja captación y fácil remoción debido a la hidrodinámica que se presenta en dicho cuerpo lagunar.

Por su parte, las clases texturales del segundo estrato, la clase textural dominante es la arcillosa (Cuadro 2).

Cuadro 2. Distribución espacial de las clases texturales en dos estratos del perfil de sedimentos del área del vaso Tomás Garrido de la laguna de las Ilusiones.

CU <sup>§</sup>	NS	Prof.	Arena	Limo	Arcilla	Clase textural
		(Cm)	----- (%)-----			
SO	1	61-84	15	23	61	Arcillosa
SO	2	35-109	16	25	59	Arcillosa
SO	3	47.5-90	15	19	67	Arcillosa
SO	4	23-26	51	10	39	Arcillo arenosa
SO	6	ND	ND	ND	ND	ND
NO	5	52-71	22	61	17	Franco limoso
NO	7	51-95	35	14	52	Arcillosa
NO	8	15-88	35	17	48	Arcillosa
NO	9	58-87	24	23	53	Arcillosa
NO	10	67-90	33	19	48	Arcillosa
NO	11	46-104	31	14	54	Arcillosa
NE	12	31-94	39	10	51	Arcillosa
NE	13	73-99	33	14	54	Arcillosa
NE	14	09-18	35	15	50	Arcillosa
NE	15	51-58	37	16	47	Arcillosa
NE	16	58-80	33	15	51	Arcillosa

<sup>§</sup> Abreviaturas: CU: Cuadrante; NS: Numero de sitio; Prof: Profundidad; Are: Arena; Lim: Limo; Arc: Arcilla; SO: Suroeste; NO: Noroeste; NE: Noreste; ND: No determinado.

Como se puede observar en la figura 5 la mayor cantidad de arcilla se concentra en la parte Centro-Norte del vaso de la laguna, mientras que la mayor cantidad de limo se concentra en la parte SO que coincide con la conexión del vaso Tomas Garrido con el vaso Cencali que es donde se encuentra la entrada de la corriente al vaso. Lo anterior refuerza la hipótesis de una baja ECM ya que si la corriente en este punto fuera mayor, seguramente la fracción fina de limo tendría que ser mayormente removida, situación que no se aprecia de manera contundente. Por su parte, la fracción arenosa como ya se mencionó anteriormente es la que domina en una mayor superficie, aunque ligeramente se concentra en la parte media y NE.

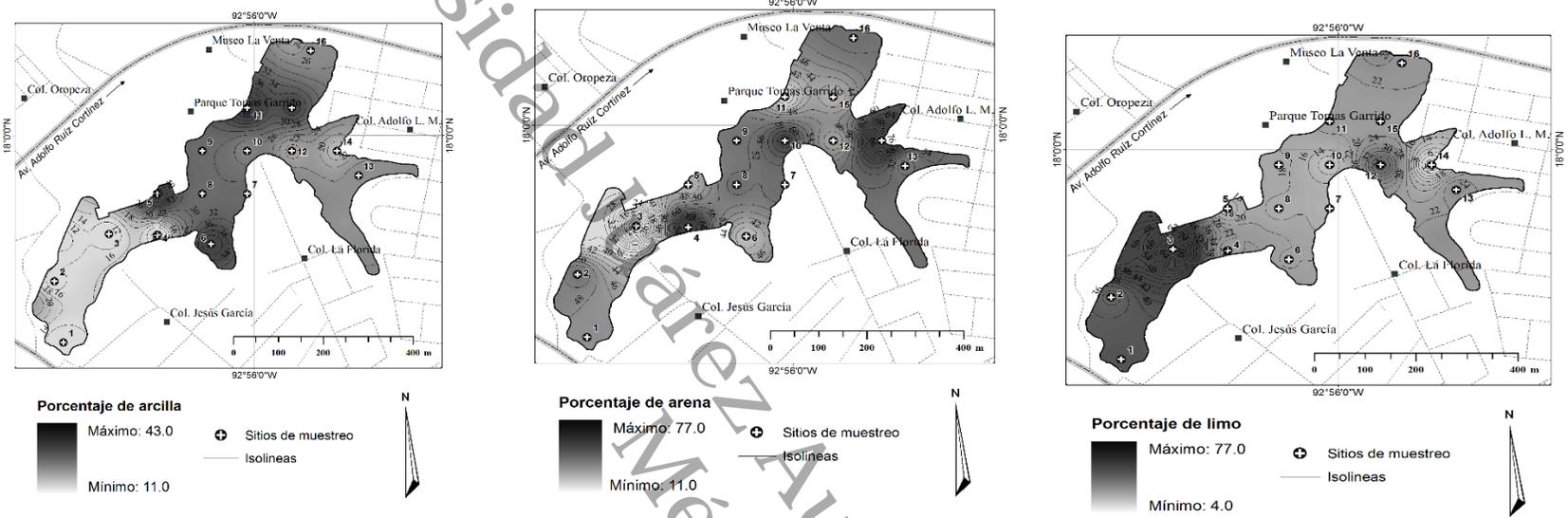


Figura 5 a,b,c. Distribución espacial de las fracciones arcilla, limo y arena en el primer estrato de los sedimentos de fondo del vaso Tomás Garrido de la laguna las Ilusiones, en Villahermosa, Tabasco.

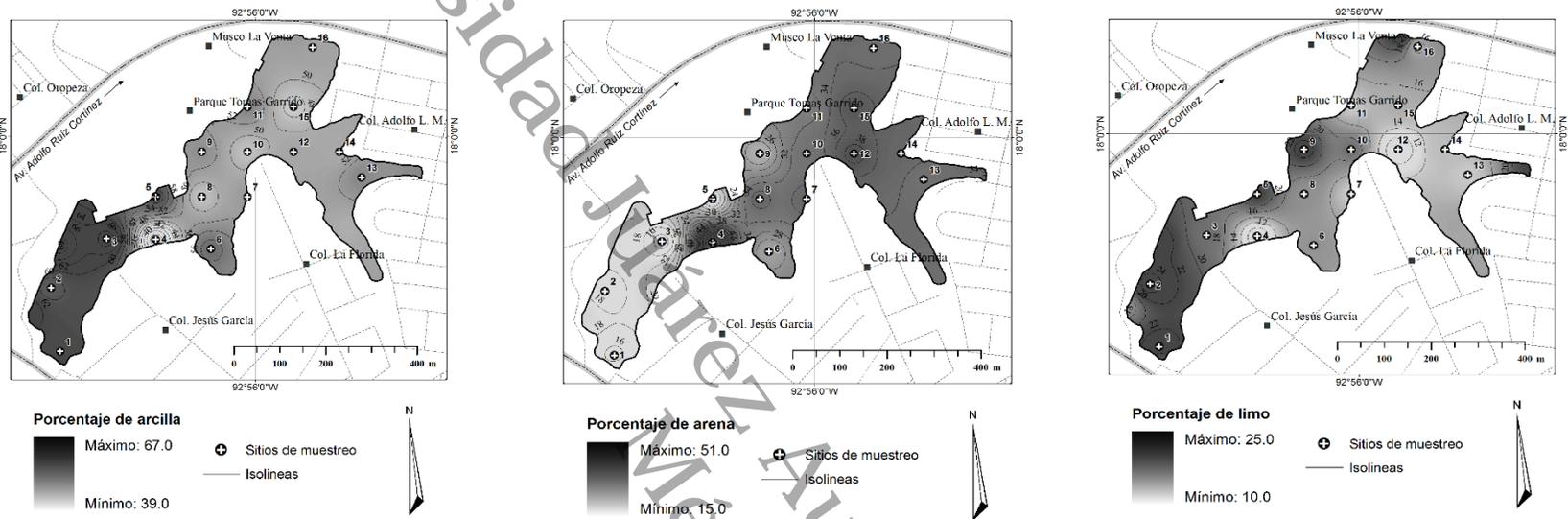


Figura 6 a,b,c. Distribución espacial de las fracciones arcilla, limo y arena en el segundo estrato de los sedimentos de fondo del vaso Tomás Garrido de la laguna las Ilusiones, en Villahermosa, Tabasco.

Por su parte en la figura 6 se puede observar que las fracciones finas de arcilla y limo de nueva cuenta se ubican en la parte SO que corresponde a la entrada del vaso de la laguna, mientras que la fracción arenosa se localiza mayormente hacia la parte media y NE. De acuerdo con (Van Afferden *et al.* 2008), la principal entrada hidrológica de la reserva ecológica de la laguna de las Ilusiones, es el vaso Cencali; el cual se conecta en el sector SO con el vaso Tomás Garrido; mientras que la salida de dicho cuerpo de agua, se ubica a la altura de un puente que atraviesa la laguna de las Ilusiones, ubicado en la avenida Adolfo Ruiz Cortines, a unos metros antes de la entrada al fraccionamiento Prados de Villahermosa. Como se puede observar en la figura 5 y 6, el transecto en orientación SO-NE, que cruza por las estaciones de muestreo 1, 4, 10, 15 y 16, representarían un flujo de corriente desde la entrada hasta la salida. No obstante, según Pablo-Rodríguez y Olivera-Gómez (2012), la laguna de las Ilusiones es una laguna de origen natural, cuyo acceso es ahora interrumpido por una compuerta artificial que regula el tirante de agua, debido a que se encuentra enclavado en la zona urbana de la capital del estado de Tabasco; lo anterior hace suponer que esta es la causa de una baja dinámica de la ECM, que promueve la remoción de las partículas más finas. Sin embargo, a pesar de que la compuerta interrumpe el flujo de la corriente de manera temporal, al abrirse dicha compuerta en temporadas de intensas lluvias, ocurre una remoción de sedimentos, por lo que en este transecto se puede observar una franja de sedimentos de texturas más gruesas, es decir de partículas intermedias, con proporciones balanceadas entre las partículas de arena, limo y arcilla; aun así, todas las clases texturales son dominadas por las partículas gruesas en la superficie, y finas en el estrato inferior del fondo del vaso. Al respecto, Postma (1967) señalan que los sedimentos más finos como los limos arcillosos y arcillas limosas, e inclusive algunas fracciones arenosas, se transportan por los movimientos del agua, a través de las bocas lagunares y de los ríos y arroyos que vierten sus aguas en el interior de la laguna, esto provoca que el ingreso de las mareas sea restringido por la escasa profundidad de la laguna y por los abundantes depósitos sedimentarios formados en las proximidades de la boca. De este modo, los sedimentos areno-arcillosos,

limos arenosos y areno-limo-arcillosos, típicamente deltaicos, se distribuyen en las zonas lagunares de baja energía, tal a como se observa en el vaso de la laguna las Ilusiones, en donde dominan este tipo de facies sedimentarias finas como son las arcillas.

Otra partícula fina que se acumula debido a la baja ECM es la fracción limosa, definida esta como un sedimento clástico incoherente, transportado en suspensión por los ríos y por el viento, que se deposita en el lecho de los cursos de agua o sobre los terrenos que han sido inundados, dichos sedimentos limosos se depositan bajo condiciones de baja energía (Flemming, 2000).

Otro aspecto importante a considerar en la distribución espacial de los sedimentos en una laguna es la morfometría, la cual incluye variables como la línea de costa, curva hipsométrica y la batimetría. Al respecto Chávez-López y Álvarez-Arellano (2006) mencionaron que la distribución espacial de las diferentes facies sedimentarias, está estrechamente relacionada con la batimetría; ellos determinaron que por lo general, la arena gruesa se distribuye donde la profundidad es mayor, mientras otras facies como limos y arcillas, se depositan en zona menos profundas. Situación que coincide con las observaciones recabadas en el presente estudio, ya que como se puede observar en las figura 5 y 6, la clase textural más arenosa se distribuye desde la parte central y NO donde se supondría una zona de la laguna es más profunda. Sin embargo, según el análisis de batimetría realizado, el tirante de agua, el espesor de sedimentos y la profundidad total son homogéneos (Cuadro 3), inclusive el sector SO donde se encuentra la entrada a la laguna, es la parte ligeramente menos profunda donde se concentran las fracciones más finas de arcillas y limos.

Cuadro 3. Variables batimétricas del vaso Tomas Garrido de la laguna las Ilusiones.

Sector	LA <sup>s</sup>	ES (Metros)	PT
SO	1.4	0.7	2.1
NO	1.7	0.9	2.6
NE	1.7	0.8	2.5
Media	1.6	0.8	2.4
CV	20.27	34.96	22.43
Pr > F	0.18	0.49	0.27

Abreviaturas: <sup>s</sup> LA: Lámina de agua; ES: Espesor del sedimento; PT: profundidad total.

De acuerdo con el análisis de correlación que se presenta en el Cuadro 4, las variables batimétricas como la LA correlaciona positivamente con el contenido de arena ( $r=0.92$ ,  $Pr>0.004$ ) y negativamente con el porcentaje de arcilla ( $r=-0.65$ ,  $Pr>0.01$ ), lo que sugiere que las partes más profundas de la laguna, tienden a presentar facies más arenosas, en tanto que las zonas más someras tienden a acumular sedimentos más finos, tal a como se puede observar en las figuras 5 y 6.

Cuadro 4. Resultados del análisis de correlación entre las variables batimétricas y las facies sedimentarias del vaso Tomas Garrido de la laguna de las Ilusiones

	Rep.	LA	ES	PT	Arena	Limo	Arcilla
Rep.	1.0	0.33 0.21	-0.16 0.54	0.12 0.65	0.43 0.10	-0.19 0.48	-0.39 0.13
LA		1.0	0.60 0.0139	0.92 <.0001	0.68 0.004	-0.27 0.31	-0.65 0.01
ES			1.0	0.87 <.0001	0.33 0.21	-0.36 0.16	-0.09 0.74
PT				1.0	0.58 0.017	-0.35 0.184	-0.45 0.08
Arena					1.0	-0.67 0.005	-0.70 0.002
Limo						1.0	-0.06 0.82
Arcilla							1.0

Abreviaturas: <sup>s</sup> LA: Lámina de agua; ES: Espesor del sedimento; PT: profundidad total.

Se distingue claramente que la distribución de las clases texturales que contienen partículas más gruesas (franco arcillosos y franco arcillo arenosos) (Figura 5), son las que se presentan en las partes más profundas. En este sentido, Fornerón *et al.* (2010) mencionan que estas características morfométricas de baja profundidad, son condicionantes que influyen a su vez en el comportamiento térmico, régimen hidrológico y dinámica de la misma. Asimismo, estos autores señalan que, este tipo de lagunas son altamente dependientes al régimen de precipitaciones, ya que al no tener entradas de agua a partir de tributarios, el nivel del agua tiende a variar drásticamente entre las temporadas secas y de intensas lluvias.

En la figura 7, se nota que el espesor de sedimento en el Vaso Tomás Garrido va desde 0.0 en la línea de costa, hasta 2.89 m en la parte central. Además de que los mayores espesores se localizan en la parte media hacia el Norte del vaso. Los menores espesores se encuentran distribuidos cerca de la línea de costa en todo su perímetro. Al Suroeste se localizan los espesores comprendidos entre 1.3 y 1.8 m.

De acuerdo con (Catalán 1987), la relación entre el área del lago, por donde entra la energía desde el exterior y la profundidad, a través de la cual se disipa la energía, tiene una importancia fundamental en la dinámica biológica de la laguna. En el caso del vaso Tomás Garrido de la laguna las Ilusiones, se ha reportado que es un lago urbano cerrado artificialmente que presenta procesos de deterioro por actividades humanas, que han puesto en riesgo la preservación de algunas especies de mamíferos como los manatíes, ya que entre otros factores, estos animales requieren de profundidades mayores a tres metros para poder desplazarse y alimentarse, además de que con la urbanización periférica, las fuentes de alimentación disminuyen, por lo que la baja población de estos organismos, también afecta la hidrodinámica de la laguna, ya que precisamente el movimiento que ocasiona su desplazamiento, aumenta la ECM de un cuerpo lagunar.

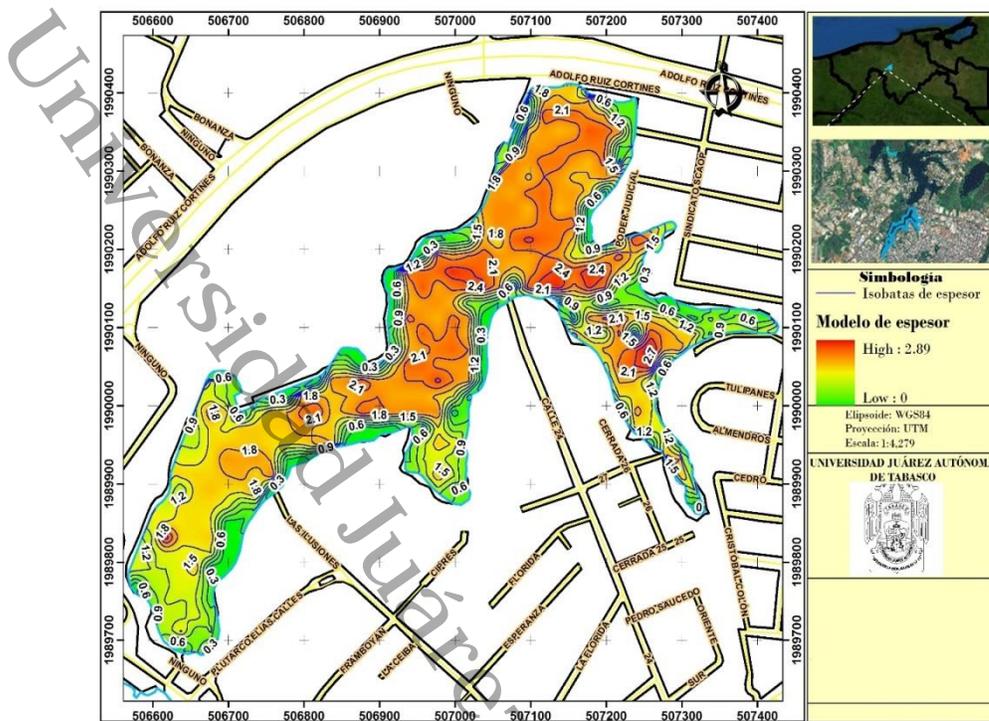


Figura 7. Mapa de distribución de espesor de sedimento en el Vaso Tomás Garrido en la laguna las Ilusiones, Villahermosa Tabasco.

## VII. CONCLUSIONES

El vaso Tomás Garrido de la laguna las Ilusiones, presenta una cubeta de forma irregular alargada, orientada en dirección SO-NE, que presenta una distribución homogénea de las diferentes facies sedimentarias, dominadas principalmente por partículas de arena, seguidas de arcillas y limos. Esta distribución homogénea supone una baja energía cinética media dentro del vaso, debido a la baja turbulencia, por ser un cuerpo de agua cerrado artificialmente. No obstante, en la parte media del vaso, en orientación SO-NE, se observa la presencia de un mayor porcentaje de arenas. Se observó un segundo estrato inferior que es dominado por la fracción arcillosa, que hace suponer que anteriormente la laguna recibía una mayor cantidad de sedimento fino a diferencia de lo que actualmente se recibe, lo que aunado a la remoción de sedimento hace que en la superficie del fondo se acumulen sedimentos de clase textural franco-arenosas. La clase textural dominante en el estrato superior del fondo es franco-arenosa en un 50 % del total de la superficie del primer estrato, mientras que el segundo estrato es dominado por la clase textural arcillosa.

La batimetría de la laguna permitió determinar que la profundidad máxima alcanzó los 2.89 m en el sector central, mientras que el valor medio no superó los 1.80 m. Estos parámetros pueden variar en función de las precipitaciones y la evaporación, debido a que el clima del área de estudio es tropical lluvioso con abundantes lluvias en verano.

Se observó una estrecha correlación entre la profundidad de la lámina de agua, con la distribución de las diferentes facies sedimentarias. En el caso de la fracción arena, dicha correlación es positiva, mientras que con la fracción arcillosa fue negativa, lo que explica por qué en la parte más profunda del vaso, localizada en la parte central con orientación SO-NE, se encuentra una mayor cantidad de arena, con respecto al resto del área de la laguna. El presente trabajo requiere de otros estudios en épocas de precipitación más contrastantes (lluvias), ya que los resultados que aquí se ofrecen corresponden a la época seca, por lo que es

necesario identificar las fluctuaciones de la lámina de agua y determinar el efecto que tendría sobre la remoción natural de los sedimentos. Sin embargo, actualmente no se localizaron otros trabajos similares realizados en el vaso de la laguna, por lo que estos resultados podrían considerarse como una línea base en trabajos futuros, para determinar la acumulación o subsidencia en los sedimentos de fondo del vaso Tomas Garrido de la laguna las Ilusiones.

México.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

## VIII. LITERATURA CITADA

Al-Ghadban AN, Jacob PG, Abdali F (1994) Total organic carbon in the sediments of the Arabian Gulf and need for biological productivity Investigations. Marine Pollution Bulletin 28:356-362.

American Society for Testing and Materials (ASTM) Standard test method for particle-size analysis of Soil S. D 42 2-63 (1985) Annual book of ASTM standards 04.08:117-127, ASTM, Philadelphia, PA.

American Society for Testing and Materials (ASTM) Standard test method for particle-size analysis of Soil S. D 4 22- 63 (2000) Annual book of ASTM standards 04.08:10-17, ASTM, Philadelphia, PA

Batres GJJ, Ortells Ch V, Lorenzo J (2010) 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 1: 1-13.

Batres GJJ, Ortells Ch V, Lorenzo J (2010) 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 1: 1-13

Bohn CC, Gebhardt K (1989) Comparison of hydrometer settling times in soil particle size analysis. Journal of Range Management, 81-83.

Bremigan M, Soranno P, González M, Bunnell D, Arend K, Renwick W, Stein R, Vanni M (2008) Hydrogeomorphic features mediate the effects of land use/cover on reservoir productivity and food webs". Limnology and Oceanography 53:1420-1433.

Carmouze JP (1994) O metabolismo dos ecossistemas aquáticos: fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises químicas. Ed. Edgard Blücher, Fapesp, 253 p.

Catalán, J. (1987). "Limnología de l'estany Redó (Pirineu Central)". Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona. 230 pp.

Chávez López, S. y Álvarez Arellano, A. (2006). "Batimetría, sedimentos y ambientes de depósito en la laguna costera de Guásimas Sonora, México". Investigaciones Geográficas: 17-21.

Chester R (1970). An introduction to sediment analysis, Edit. Arizona State University, Arizona.

Cowardin L. M., V. Carter, F. C. Golet, E. T. LaRoe (1979) Classification of wetlands and deepwater habitats of the United States. U.S. Fish and Wildlife Service. FWS/OBS-79/31. Washington, DC

Day P (1965) Particle fractionation and particle-size analysis. In: Methods of Soil Analysis, Part 1, CA Black (Ed.) Number 9, Agronomy Series, Amer. Soc. Of Agron. Inc. Madison, WI.

De Groot AJ, Zschuppel KH, Salomons W (1982) Standardization of methods of analysis for heavy metals in sediments. Hydrobiologia 91: 689-695.

Díaz Molina M (1984) Sedimentación fluvial. Ciclo de seminarios de sedimentología1: 27-92.

Edward J. Anthony, Arnaud Héquette (2007) The grain-size characterisation of coastal sand from the Somme estuary to Belgium: Sediment sorting processes and mixing in a tide- and storm-dominated setting. Sedimentary Geology 202: 369–382

Engelund F, Hasen E (1966) Investigations of flow in alluvial streams. Contributions from hydraulic laboratory. University Polytechnic Scandinavia. Copenhagen. Pp. 113-121

Flemming, B.W. 2000. A revised textural classification of gravel-free muddy sediments on the basis of ternary diagrams. Continental Shelf Research 20(10-11):1125-1137

FolkRL (1974) Petrology of sedimentary rocks. Austin, Texas United States: Hemphill Publishing Co. 190 p.

Fornerón Claudia Fernanda, Piccolo María Cintia y Carbone María Elizabeth (2010) Análisis morfométrico de la laguna Sauce Grande (Argentina). Huellas 14: 11-30

Galvan FM, Arias R HM, Chávez M J, Oropeza M JL (1999) Influencia del transporte fluvial de sedimentos sobre la evolución de una laguna costera. Hidrobiológica, 9: 145-158.

Gee GW, Bauder JW (1979) Particle size analysis by hydrometer: A simplified method for routine textural analysis and a sensitivity test of measurement parameters. Soil Sci. Soc. Amer. J. 43: 1004-1007.

Gee GW, Bauder JW (1986) Particle-size analysis. In A. Klute (Ed.) Methods of soil analysis. Part 1 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI. Pp: 383-423.

Gee GW, Or D (2002) Particle-size analysis. Methods of soil analysis. Part 4 (598): 255-293.

Hallegraeff, G(1992). A review of harmful algal blooms and their apparent global increase. Phycologia 32(2): 79-99.

Hansen Hansen AM, Afferden MV, Torres Bejarano F (2007) Saneamiento del vaso Cencali, Villahermosa, Tabasco. I. Contaminación y reúso de sedimentos.

Hung JJ, Hung PY (2003) Carbon and nutrient dynamics in a hypertrophic lagoon in southwestern Taiwan. Journal of Marine Systems 42(3): 97-114.

Jeppesen E (1998). The ecology of shallow lakes. Trophic interactions in the pelagial. National Environmental Research Institute. Silkeborg.

Kennish MJ (1986) Ecology of Estuaries. Vol I. Physical and Chemical. Aspects CRC. Press, INC. USA. 254 p.

Komar PD (1976) Beach processes and sedimentation. Printice-Hall, Inc. Nueva Jersey. 429 p.

Lu Y, ChiewYM, ChengNS(2008)Review of seepage effects on turbulent openchannel flow and sediment entrainment. Journal of Hydraulic Research46: 476-488.

Mahler BJ, Van Metre PC, Callender E (2006) Trends in metals in urban and Reference Lake sediments across the United States, 1970 to 2001.Environmental Toxicology and Chemistry 25: 1698-1709.

Margalef, R. (1983) Limnología. Ed. Omega. España. 1010 p.

Mayer T, Simpson S, Thorleifson L, Lockhart W, Wilkinson P (2006) "Phosphorus geochemistry of recent sediments in the South Basin of Lake Winnipeg". Aquatic Ecosystem Health & Management 9: 307-318.

McLaren P y Bowles D (1985) the effects of sediment transport on grain size distributions. J. Sediment. Petrel. 55: 457-470.

McLaren P, BeveridgeRP (2006) Sediment trend analysis of the HylebosWaterway:implications for liability allocations.Integrated Environmental Assessment and Management2: 8-19.

MiththapalaS(2013) Lagoons and Estuaries. Coastal Ecosystems Series (Vol 4). IUCN Sri Lanka Country Office, Colombo. 73 p.

Naselli-FloresL(2008)Urban lakes: ecosystems at risk, worthy of the best care. In Proceedings of Taal2007: The 12th World Lake Conference (Vol. 1333, p. 1337).

Pablo-RodríguezN, Olivera-Gómez LD(2012) Situación de una población aislada de manatíes *Trichechusmanatus* (*Mammalia*: Sirenia: *Trichechidae*) y

conocimiento de la gente, en una laguna urbana en Tabasco, México. Universidad y Ciencia, trópico húmedo 28: 15-26.

Padmalal, D. & P. Seralathan. 1995. Organic carbon and phosphorus loading in recently deposited riverine and estuarine sediments- a granulometric approach. Indian Journal of Earth Sciences 22:21-28.

Padrón-Rivera BB (2004) Calidad del agua en la laguna de las ilusiones y su relación con la distribución del manatí (*Trichechus m. manatus*) en el municipio del Centro, Tabasco. Tesis de licenciatura en Ecología, Unidad Sierra, División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, 102 p.

Páez-Osuna F, Botello AV, Villanueva S (1986) Heavy metals in Coatzacoalcos estuary and Ostion lagoon, Mexico. Marine pollution bulletin 17: 516-519.

Phillips(1978) A mechanism to account for macrophyte decline in progressively eutrophic freshwaters. Aquatic Botany 4: 103-126.

Phillips, G.; Eminson, D. & B. Moss, 1978. A mechanism to account for macrophyte decline in progressively eutrophic freshwaters. Aquatic Botany 4:103-126.

PoizotE, MearY, BiscaraL (2008) Sediment Trend Analysis through the variation of granulometric parameters: A review of theories and applications. Earth Sci. Rev. 86: 15-41.

Postma H (1967) Sediment transport and sedimentation in the estuarine environment. En: Lauff, GH (Ed)Estuaries. Amer. Assoc. Adv. Sci. Publ. 83, Washington, DC 158-179 pp.Flemming, B.W., 1988. Process and pattern of sediment mixing in a microtidal coastal lagoon along the west coast of South Africa. In:de Boer, P.L., van Gelder, A., Nio, S.D. (Eds.), Tide-Influenced Sedimentary Environments and Facies. D. Reidel Publ. Co., Dordrecht, pp. 275–288.

Ramírez B, Pizarro E (2005) Distribución de clorofila y feopigmentos en los canales australes chilenos comprendidos entre Puerto Montt y la laguna San Rafael, Chile.

Reynolds CS (2006) Ecology of phytoplankton. Cambridge University Press, Cambridge, 535 p.

Sánchez A, Álvarez-Legorreta T, Sáenz-Morales R, Ortiz-Hernández M, López-Ortiz BE, Aguiñiga S (2008) Distribución de parámetros texturales de los sedimentos superficiales en la Bahía de Chetumal: Implicaciones en la inferencia de transporte. Revista mexicana de ciencias geológicas 25: 523-532.

Sánchez AJ, Salcedo MA, Macossay-Cortez AA, Fera-Díaz Y, Vázquez L, Ovando N, Rosado L (2012) Calidad ambiental de la laguna urbana. La Pólvara en la cuenca del río Grijalva. Tecnología y ciencias del agua 3: 143-152.

Satterlund DR (1972) Wildland Watershed Management. Ronald Press, New York, NY. 370p.

Scheffer M (1990) Alternative stable states in eutrophic shallow freshwater systems: a minimal model. Hydrobiological Bulletin 23: 73-85.

Schueler T, Simpson J (2001) why urban lakes are different. Urban lake management 3: 747-750.

Singh R, Bhatnagar M (2012) Urban lakes and wetlands: opportunities and challenges in Indian cities-Case study of Delhi. In 12th edition of the World Wide Workshop for Young Environmental Scientists (WWW-YES-2012)-Urban waters: resource or risks (No. 10). HAL-ENPC.

Sorensen H A (1996) Managing urban lakes: an integrating experience. Water Resources Development 12: 437-446.

Sunamura T, Horikawa K (1971) Predominant direction of littoral transpon along Kujyukuri Beach, Japan. Coast. Eng. Japan 14: 107-117.

TrautAH, HostetlerME(2004)Urban lakes and waterbirds: effects of shoreline development on avian distribution. Landscape and UrbanPlanning 69: 69-85.

Treviño LG, Villalobos O, Paniagua JL (1986) Diagn0sis de lagunas costeras en M6xico. Estado actual y evoluci3n. UNAM. 130 p.

Valencia JL (1989) Registro sedimentario de metales pesados en la laguna de las Ilusiones, Villahermosa. Tabasco. Tesis Profesional. Universidad Ju6rez Aut3noma de Tabasco. Divisi3n Acad6mica de Ciencias B6sicas-Biolog6a. Unidad Sierra, 100 p.

Van Afferden, M., Hansen, A.M. y Torres-Bejarano, F (2008). Saneamiento del vaso Cencali, Villahermosa, Tabasco. II. Dise1o del proceso. Ingenier6a hidr6ulica en M6xico. Vol. XXIII, n6m. 1,

Wetzel (1981) Okologische und stratigraphische Bedeutung biogener Gefuige in quartiren Sedimenten am NW-afrikanischen Kontinental rand. 'Meteor' Forsch.-Erg., C, 34:1-47.

# Distribución espacial y análisis textural de los sedimentos de fondo en una laguna urbana en Tabasco.

INFORME DE ORIGINALIDAD

# 16%

ÍNDICE DE SIMILITUD

FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://www.readperiodicals.com">www.readperiodicals.com</a> Internet	144 palabras — 2%
2	<a href="http://www.paot.org.mx">www.paot.org.mx</a> Internet	137 palabras — 2%
3	<a href="http://www.redalyc.org">www.redalyc.org</a> Internet	126 palabras — 2%
4	<a href="http://www.scielo.org.mx">www.scielo.org.mx</a> Internet	120 palabras — 1%
5	<a href="http://docplayer.es">docplayer.es</a> Internet	106 palabras — 1%
6	<a href="http://imasd.fcien.edu.uy">imasd.fcien.edu.uy</a> Internet	51 palabras — 1%
7	<a href="http://geonodesiam.invemar.org.co">geonodesiam.invemar.org.co</a> Internet	50 palabras — 1%
8	<a href="http://sinat.semarnat.gob.mx">sinat.semarnat.gob.mx</a> Internet	47 palabras — 1%
9	Utpal Sharma, Swati Kothary, Vibha Gajjar. "Future is Urban II - Urban Resilience, Capacity Building, Nature Based Solutions", Routledge, 2024 Publicaciones	37 palabras — <1%

10	<a href="http://ri2.bib.udo.edu.ve">ri2.bib.udo.edu.ve</a> Internet	30 palabras — < 1%
11	<a href="http://repositorioinstitucional.uson.mx">repositorioinstitucional.uson.mx</a> Internet	28 palabras — < 1%
12	<a href="http://doczz.es">doczz.es</a> Internet	26 palabras — < 1%
13	<a href="http://tel.archives-ouvertes.fr">tel.archives-ouvertes.fr</a> Internet	26 palabras — < 1%
14	<a href="http://html.rincondelvago.com">html.rincondelvago.com</a> Internet	25 palabras — < 1%
15	<a href="http://access.onlinelibrary.wiley.com">access.onlinelibrary.wiley.com</a> Internet	24 palabras — < 1%
16	<a href="http://doi.org">doi.org</a> Internet	24 palabras — < 1%
17	<a href="http://link.springer.com">link.springer.com</a> Internet	24 palabras — < 1%
18	<a href="http://mirador.cure.edu.uy">mirador.cure.edu.uy</a> Internet	24 palabras — < 1%
19	<a href="http://pt.scribd.com">pt.scribd.com</a> Internet	24 palabras — < 1%
20	<a href="http://www.scielo.org.co">www.scielo.org.co</a> Internet	24 palabras — < 1%
21	<a href="http://kipdf.com">kipdf.com</a> Internet	23 palabras — < 1%
22	<a href="http://investigacion.izt.uam.mx">investigacion.izt.uam.mx</a> Internet	22 palabras — < 1%

23	<a href="http://www.slideserve.com">www.slideserve.com</a> Internet	22 palabras — < 1%
24	Tim C. Jennerjahn, Erwin Riyanto Ardli, Jens Boy, Jill Heyde et al. "Mangrove ecosystems under threat in Indonesia", Elsevier BV, 2022 Crossref	21 palabras — < 1%
25	<a href="http://www.yumpu.com">www.yumpu.com</a> Internet	21 palabras — < 1%
26	CC. Marinho, C. Palma Silva, EF. Albertoni, CR. Trindade, FA. Esteves. "Seasonal dynamics of methane in the water column of two subtropical lakes differing in trophic status", Brazilian Journal of Biology, 2009 Crossref	20 palabras — < 1%
27	<a href="http://biblioweb.tic.unam.mx">biblioweb.tic.unam.mx</a> Internet	20 palabras — < 1%

EXCLUIR CITAS

ACTIVADO

EXCLUIR FUENTES

DESACTIVADO

EXCLUIR BIBLIOGRAFÍA

ACTIVADO

EXCLUIR COINCIDENCIAS

< 20 PALABRAS

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.