UNIVERSIDAD VERACRUZANA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

Región Poza Rica-Tuxpan

Maestría en Ciencias del Ambiente

"Ecología de la comunidad de plantas hidrófitas en Tumilco, municipio de Tuxpan, Veracruz"

TESIS

Que para obtener el título de:
MAESTRO EN CIENCIAS DEL AMBIENTE

PRESENTA:

Biól. Fidel García Falcón

Director:

Dr. Ascención Capistrán Barradas

Codirector:

Dr. José Luis Alanís Méndez

Tuxpan, Veracruz **2017**

Dr. José Luis Alanís Méndez

Coordinador de la Maestría en Ciencias del Ambiente

Tuxpan de Rodríguez Cano Veracruz, a 4 de enero de 2017

La presente Tesis titulada: **"Ecología de la comunidad de plantas hidrófitas en Tumilco municipio de Tuxpan Veracruz."**, realizada por el C. Biol. Fidel García Falcón, bajo dirección del consejo particular del Dr. Ascención Capistran Barradas y bajo la codirección del Dr. José Luis Alanís Méndez ha sido aprobada y aceptada para poder llevar a cabo la solicitud de fecha del examen para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS DEL AMBIENTE

Dr. Ascención Capistrán Barradas

Director

Dr. José Luis Alanís Méndez

Codirector

Universidad Veracruzana

UNIVERSIDAD VERACRUZANA

Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias

Maestría en Ciencias del Ambiente

Revisión del trabajo de intervención del alumno: **Fidel García Falcón**

Nombre	Fecha	Dictamen	Firma
Maribel Ortiz Domínguez	4 I 2017	Aprobado	
Ivette A. Rodríguez	5-1-2017	Aprobado	
Juan Manuel Pech Canché	9.01.2017	Aprobado	

En la presente revisión se acordó que el trabajo de intervención denominado "**Ecología de la comunidad de plantas hidrófitas en Tumilco municipio de Tuxpan Veracruz.**" que presenta el sustentante para obtener el título de Maestro en Ciencias del Ambiente, está terminado por lo que puede proceder a su inmediata impresión.

AGRADECIMIENTOS

A mi director de tesis Dr. Ascención Capistrán Barradas por todo el tiempo brindado, así como al apoyo para la realización del presente trabajo, por compartir sus conocimientos y la ayuda en el trabajo de campo, además de su buena amistad brindada en todo momento. También deseo agradecer al Dr. José Luis Alanís Méndez Codirector y Coordinador de la maestría en ciencias del Ambiente por todo su apoyo.

A mi comisión revisora formada por la Dra. Ivette Alicia Chamorro Florescano, Dra. Maribel Ortiz Domínguez y Dr. Juan Manuel Pech Canché, por sus observaciones e ideas las cuales ayudaron a mejorar el trabajo profesional.

A mis amigos que me acompañaron en el trabajo de campo: Biol. Leyver Benavides Velázquez, Biol. Valeria Guadalupe Cano Velázquez, Biol. Mar. María De Los Ángeles Rojas Terán, Biol. Luz Elia Cruz Sarmiento y a la Mvz. Anali Elsa Bello Velázquez.

Al CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGIA (CONACYT) por la beca económica Num. 634859 sin la cual no hubiera sido posible realizar este estudio.

Al Dr. Hugo López Rosas por todas sus atenciones y ayuda para realizar la estancia en Ciudad del Carmen, Campeche.

DEDICATORIA

Con todo el amor que me brindan a mis padres, Sr. Rigoberto García Reyes y Sra. Irene Falcón Díaz, por siempre apoyarme en seguir adelante y llegar más alto en la vida, por sus consejos, por darme la mano en cada momento, por alentarme con sus palabras así como a enseñarme que en la vida no existen límites.

A mi abuelo Zozimo Falcón Benítez (†) porque le prometí que cada logro que obtuviera en la vida se lo dedicaría a él donde quiera que se encuentre.

A mis hermanos, Zozimo García Falcón y Rigoberto García Falcón por apoyarme en todo lo que hago y levantarme el ánimo de seguir adelante en mi camino profesional.

A mis amigos de la maestría de los cuales aprendí muchas cosas de ellos y me enseñaron que aunque existen pruebas difíciles siempre se presentan la manera de resolverlas, gracias por todo.

ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN 1
2.- ANTECEDENTES 4
2.1 Definición de humedales 4
2.2 Riqueza y diversidad de hidrófitas en distintos tipos de humedales 4
2.3 Parámetros físico-químicos de los humedales 7
2.4 La fenología de las plantas hidrófitas 10
3.- OBJETIVOS 15
4.- ÁREA DE ESTUDIO 16
5.- MATERIAL Y MÉTODOS 18
5.1 Selección de humedales 18
5.2 Colecta de ejemplares y determinación taxonómica 20
5.3 Instalación de piezómetros para la medición de parámetros físico-químicos 20
5.4 Descripción del estado fenológico 21
5.5 Análisis de datos 22
6.- RESULTADOS 24
6.2 Parámetros fisicoquímicos del agua superficial y manto freático 25
6.2 Fenología de las plantas hidrófitas 31
6.3 Descripción del análisis de correspondencia canónica (CCA) 33
7.- DISCUSIÓN 35
7.1 Riqueza y diversidad encontrada de las plantas hidrófitas 35
7.3 Determinación de los estadios fenológicos de las plantas hidrófitas 40
8.- CONCLUSIONES 40
9.- APLICACIÓN PRÁCTICA 47
10.- BIBLIOGRAFÍA 49

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Escala de cobertura-abundancia de Westhoff y Van der Maarel (1978) para el muestreo de vegetación. 19

Cuadro 2. Riqueza y diversidad de especies dentro de los sitios de muestreo 24

Cuadro 3. Valores mínimos y máximos generales de conductividad (mS/cm) y sólidos disueltos totales (ppm) por meses de muestreo. 26

Cuadro 4. Valores mínimos y máximos generales para las variables potencial oxido reducción (mV) y porcentaje de oxígeno (%) por sitios de muestreo..... 28

Cuadro 5. Valores mínimos y máximos generales de temperatura (ºC) y conductividad (mS/cm) por tipo de vegetación. 29

Cuadro 6. Valores generales de la profundidad del manto freático (m) por sitio de muestreo. 31

Cuadro 7. Etapas fenológicas de las especies hidrófitas encontradas en el tular y popal del humedal de Tumilco 32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio donde se aprecian los distintos tipos de vegetación en Tumilco, municipio de Tuxpan Ver.. 16

Figura 2. Sitios de muestreo en Tumilco municipio de Tuxpan Ver..... 18

Figura 3. Cobertura-abundancia de las especies hidrófitas dentro de los sitios de muestreo. 22

Figura 4. Valores promedio de temperatura (ºC) por sitios y meses de muestreo 23

Figura 5. Valores promedio de salinidad (ups) meses de muestreo..... 24

Figura 6. Valores promedio de nivel de inundación por sitio y meses de muestreo. 26

Figura 7. Valores máximos y mínimos de solidos totales disueltos (ppm) por meses de muestreo..... 28

Figura 8. Valores máximos y mínimos de salinidad (ups) por meses de muestreo. 28

Figura 9. Diagrama de ordenación de las variables fisicoquímicas, especies y sitios de muestreo. 32

Figura 10. Valores promedio de oxígeno disuelto mg/L por meses de muestreo 50

Figura 11. Valores promedio de potencial oxido reducción 50

Figura 12. Valores promedio de porcentaje de saturación de oxígeno por meses y sitios de muestreo. 51

Resumen

Los humedales son ecosistemas que se encuentran permanentemente o temporalmente inundados; entre estos ecosistemas se encuentran el popal y tular los cuales están formados por vegetación de tipo herbácea. El objetivo del presente trabajo fue analizar la estructura, diversidad y fenología de la vegetación hidrófita y las condiciones fisicoquímicas presentes en los humedales de Tumilco, municipio de Tuxpan. Para evaluar la riqueza y diversidad de especies se realizaron observaciones *in situ* en transectos lineales de 50 m, para la abundancia se utilizó la escala de Westoff y van der Maarel (1978). El análisis de los parámetros fisicoquímicos se realizó utilizando una sonda multiparametrica y se colocaron 32 piezómetros para el análisis del agua del manto freático. Para la fenología se realizaron observaciones y se tomaron fotografías de los ciclos biológicos de las especies hidrófitas. La riqueza total fue de 9 especies, las hidrófitas más abundantes fueron *Typha domingensis* y *Eleocharis triangularis*. La temperatura máxima registrada fue de 36.3 ºC para el agua superficial y 38.3 ºC para el manto freático, la salinidad presentó valores bajos, el nivel de inundación máximo fue de 80 cm. La fenología fue conspicua en dos especies que fueron *Typha domingensis* y *Phragmites australis* y resalta que *Sagittaria lancifolia* presentó flores y frutos durante todo el año. El análisis de los parámetros fisicoquímicos confirma que estos ecosistemas de humedal son completamente de agua dulce, cuya composición está representada por especies de vegetación herbácea.

Palabras clave: humedales, popal, tular, fenología, vegetación hidrófita, fisicoquímicos.

1.- INTRODUCCIÓN

Los humedales son ecosistemas que se encuentran permanentemente o temporalmente inundados, presentan una lámina o capa de agua poco profunda o subterránea próxima a la superficie del terreno, estos ecosistemas representan áreas de gran diversidad de plantas y animales. El agua puede ser salada, dulce o salobre, sus suelos son ricos en nutrientes orgánicos por lo cual se logra desarrollar una vegetación adaptada a la condición de inundación, estas plantas obtienen energía a partir de la luz del sol, nutrientes y minerales debido a sus buenas condiciones resultan ser muy productivos (Lyon, 1993; Mitsch y Gosselink, 2007).

Estos ecosistemas se consideran como “vertederos” para la transformación de materiales biológicos y químicos, son capaces de absorber y filtrar ciertos contaminantes químicos e hidrológicos, así como también ser receptores de aguas naturales o artificiales, por lo cual se les ha denominado riñones de la tierra (Sánchez *et al*., 2000).

Los humedales proporcionan a la sociedad algunos bienes ambientales como puede ser la obtención de recursos: madera, pesca, plantas medicinales, la recarga de mantos acuíferos subterráneos, entre algunos otros. El principal servicio ambiental que brindan es que fungen como barreras biológicas a los fenómenos naturales y de refugio para una gran diversidad de especies animales. Los principales factores físicos determinantes de estos ecosistemas son la hidrología, la micro topografía, biota y los factores físico-químicos, estos factores varían con el transcurso del tiempo ya que los humedales resultan ser muy heterogéneos (Moreno-Casasola e Infante-Mata, 2010).

Las especies vegetales que se encuentran dentro de los humedales son conocidas como hidrófitas, estas plantas dominan la lámina de agua y requieren de un periodo de anegación para completar su ciclo de vida. En este medio encuentran muchos elementos que van a utilizar para vivir ya sea en su parte vegetativa como reproductiva, debido a los gradientes de inundación y salinidad estas plantas varían geográfica y localmente, llegando a dar una apariencia particular a estos ecosistemas (Moreno-Casasola e Infante-Mata, 2010).

Las hidrófitas desarrollan diferentes formas de vida y estructura, se pueden encontrar como herbáceas emergentes, de hojas flotantes enraizadas, de hojas flotantes libres, sumergidas enraizadas las cuales pueden ser las más numerosas, sumergidas libres y también se pueden encontrar hidrófitas leñosas arbustivas o arbóreas (Lot, 1991).

Entre los ecosistemas acuáticos donde se desarrollan las plantas hidrófitas se encuentra el popal que es una comunidad vegetal que abarca grandes extensiones pantanosas de agua dulce, preferentemente estancadas y con una profundidad que va de 0.5 m a 1.5 m, se encuentran plantas herbáceas de 1 a 3 m de alto, con hojas grandes y anchas, que pasan el nivel del agua formando extensiones considerables. Por otra parte, el tular es una comunidad formada por plantas acuáticas monocotiledóneas, de 1 a 3 m de alto, con hojas angostas o carentes de ellas, se encuentran en cuerpos de agua poco profundos y/o de corriente lenta (Vázquez, 1998; Challenger y Soberón, 2008).

Se ha calculado que al menos el 35 % de los humedales de México se han perdido o han sufrido algún deterioro, la pérdida de terreno es cada vez más

considerable ya que han tenido un manejo inadecuado al ser considerados como tierras inhóspitas donde se producen vectores de enfermedades y malos olores. Actualmente han ido desapareciendo por actividades de urbanización y también son utilizados como zonas agropecuarias y ganaderas llegándolos a convertir en potreros e incorporando especies vegetales exóticas para alimento del ganado, produciendo una reducción de las especies endémicas (MEA, 2005).

Debido a su extenso litoral costero, Veracruz es un estado biodiverso en humedales por su riqueza en este tipo de ecosistemas y con un alto número de especies de plantas, con la mayor cantidad de especies hidrófitas (145 especies) (Moreno-Casasola e Infante-Mata, 2010). El popal y tular disponen de una superficie de aproximadamente 126,299 ha. La mayoría de estas plantas se han registrado para la parte media y baja del estado. Por lo cual, el presente trabajo tiene la finalidad de evaluar la diversidad y fenología de las especies de plantas hidrófitas presentes en humedales pertenecientes al municipio de Tuxpan, en la zona norte del estado.

2.- ANTECEDENTES

2.1 Definición de humedales

Los humedales se forman cuando existe una acumulación de agua, provocando que se transforme la geoquímica del suelo condicionando el tipo de plantas que se establecen, favoreciendo la presencia de especies hidrófitas. La vegetación puede variar en función de su origen, tamaño, química, características del suelo y sedimentos. Se presentan en todos los continentes conformando una gran variedad de comunidades vegetales (Moreno-Casasola y López-Rosas, 2009).

La vegetación es el componente que primero se reconoce y en particular ayuda a diferenciar entre distintos tipos de humedales, para lo cual se han desarrollado diferentes trabajos sobre este tipo de ecosistemas en México.

2.2 Riqueza y diversidad de hidrófitas en distintos tipos de humedales

Para los ecosistemas de humedal es de gran importancia medir su riqueza y diversidad de especies de plantas, ya que mediante estos dos factores se puede determinar la composición vegetal de los distintos tipos de humedales existentes. Algunos autores como Hauenstein *et al.* (2002) clasificaron a los humedales de la costa de Tolten en Chile, en cinco tipos y definieron ocho asociaciones de vegetación, en total se encontraron 84 especies de plantas vasculares dominando las herbáceas y los matorrales perennes, del total de especies solo 11 fueron hidrófitas.

En Chancay Perú, se realizó un estudio de la vegetación del humedal de Santa Rosa, en el cual se reporta un total de 66 especies de flora vascular, las

herbáceas fueron la forma de crecimiento dominante, de estas solo seis resultaron ser hidrófitas flotantes, dos emergentes y una especie sumergida. También determinaron tres tipos de comunidad vegetal: plantas flotantes, totoral-especies asociadas y vegetación mixta (Ramírez *et al*., 2010).

Los humedales de México han sido poco estudiados desde un punto de vista florístico y de diversidad, la mayor parte de los estudios se han desarrollado en estados que cuentan con grandes extensiones de litoral costero. Lot (2012), reportó un total de 114 especies de hidrófitas pertenecientes a ciénegas y lagos y citó los sitios que cuentan con mayor número de humedales. En Campeche se evaluó la biodiversidad en general y se determinó la riqueza de especies de los distintos ecosistemas de humedal que existen dentro del estado. Estos están compuestos por cenotes, lagunas, sabanas húmedas, tular y popal, los dos últimos ecosistemas presentaron una riqueza total de hidrófitas compuesta por 10 especies, las especies dominantes dentro del tular y popal fueron *Typha domingensis* y *Thalia geniculata,* respectivamente (Gutiérrez-Báez, 2010).

Para el estado de Tabasco, en la localidad de Chontalpa se realizó un estudio de zonificación de ecosistemas y agroecosistemas, donde quedaron incluidos los ecosistemas naturales de humedales como el popal y tular, se midió la diversidad de especies que componen estos dos hábitats, el popal presentó una riqueza de cinco y el tular de siete especies de plantas hidrófitas, la especie dominante del popal fue *Thalia geniculata* y del tular *Typha latifolia*, estos sitios son los más predominantes de la localidad (Palma-López *et al*., 2011).

En la cuenca alta del rio Lerma en el estado de México, se realizó un estudio de los humedales que pertenecen a tres ciénegas (Chignahuapan, Chimaliapan y Chiconahuapan), en estos ecosistemas se determinó la riqueza y diversidad de especies de plantas acuáticas. En total se registraron 95 especies de angiospermas y dos de pteridofitas, el tular fue el ecosistema con más hidrófitas, 65.7 % del total de especies registradas. La diversidad total de la comunidad vegetal tuvo un valor de 3.2 de (índice de Shannon-Weinner). La diversidad correspondiente a las plantas hidrófitas que componen a estos humedales fue de 3.09 para Chignahuapan, de 3.29 Chimaliapan y de 3.36 para Chiconahuapan (Zepeda-Gómez *et al*., 2012).

A nivel estatal los estudios de plantas hidrófitas están enfocados principalmente para la parte central y sur de Veracruz, el estado presenta la mayor cantidad de especies hidrófitas debido a que cuenta con un extenso litoral costero y condiciones óptimas para el desarrollo de estas plantas (Mora-Olivo *et al*., 2013). En el centro del estado se realizó un estudio de la vegetación de los humedales herbáceos y arbóreos conformados por lagos interdunarios, determinando que su vegetación pertenece a popales y tulares. De los 15 lagos analizados se determinó su diversidad por medio del índice de Shannon-Wiener, el humedal perteneciente al lago San Julián presentó el valor máximo de diversidad de especies con 3.043 y una riqueza de 33 especies de plantas hidrófitas, seguido por el lago Félix con 2.828 que incluye 24 especies hidrófitas y el que presentó el valor más bajo en diversidad de especies hidrófitas (1.499) fue el humedal que pertenece a la laguna de La Mancha, CICOLMA con 5 especies. La composición florística de estos lagos generó 9 grupos, presentando desde humedales poco alterados hasta fuertemente impactados,

que no se cuenta con algún tipo de protección (Peralta-Peláez y Moreno-Casasola, 2009).

Los humedales herbáceos conocidos como popal-tular de la planicie costera de Veracruz y la cuenca baja del río Papaloapan reportan un total de 95 especies de plantas en 11 localidades muestreadas. La mayor riqueza y diversidad de especies para estos ecosistemas se presentó en los humedales de laguna Conejo con valores de 15 y 2.44, seguido del popal de río Blanco con valores de 13 y 2.33 respectivamente. Estos valores corresponden a las comunidades de herbáceas que se encuentran en los humedales del bajo Papaloapan y en Ciénega del Fuerte (Moreno-Casasola *et al.,* 2010).

Un estudio de análisis de servicios de mitigación de impactos por tormentas y huracanes en los humedales de Ciénega del Fuerte en Tecolutla, Veracruz, se determinó la diversidad de especies de plantas que se encuentran presentes en cuatro tipos de vegetación (bosque de pantano o ciénega, bosque de mangle, selva baja subperennifolia y popal-tular). La riqueza para el ecosistema en asociación popal-tular fue de un total de 26 plantas hidrófitas, mientras que el segundo sitio con mayor número de especies fue el bosque de pantano con ocho hidrófitas (Robledo, 2010)

2.3 Parámetros físico-químicos de los humedales

Para la evaluación de diferentes humedales naturales o creados por el hombre se miden variables fisicoquímicas con la finalidad de evaluar la calidad del agua y su evolución en el tiempo para dar a conocer las condiciones que presentan estos ambientes. La presencia o ausencia de algunas especies son

determinadas por las características de dichos parámetros además de que permiten interpretar lo que sucede dentro del humedal (Infante *et al*., 2009).

En un humedal artificial ubicado en España, se estudiaron las aguas residuales, analizando variables fisicoquímicas (pH, temperatura y oxígeno disuelto). En este humedal se plantó a la especie *Typha latifolia* que pertenece a los tulares y la cuál se eliminó en la mitad de este ecosistema, los parámetros resultaron ser afectados por esta hidrófita, el pH presentó un valor medio de 9.0, la materia orgánica produjo un mayor consumo de oxígeno y la inercia térmica (cantidad de calor acumulada) se mantuvo constante en la zona con vegetación de este humedal (Alvares y Becares, 2006).

Otro estudio en Chile, permitió deducir que existe una combinación entre agua del manto freático y de escorrentía superficial. En la mayoría de los ecosistemas estudiados se presentó un pH de 7.8 y una temperatura promedio de 13 ºC, su conductividad fue de 11918.2 µS/cm con un intervalo amplio entre humedales. En los humedales que presentaron baja conductividad se encontró en su espejo de agua a la hidrófita *Ceratophyllum chilensis*, la mayoría de estos ecosistemas resultaron ser de aguas permanentes (Figueroa *et al.,* 2009).

En los humedales herbáceos de Tembladeras, arroyo Moreno y Laguna Real ubicados entre la ciudad de Veracruz y Boca del Río, se evaluaron distintas variables fisicoquímicas, entre ellas la temperatura, la cual tuvo valores promedio de entre 20.3 a 20.9 ºC, el pH fue de 6.9 a 8.8 indicando valores neutros y ligeramente alcalinos y la salinidad presentó valores promedio entre 1.5 a 26.9 ups (CONACyT-CONAGUA, 2011).

Los parámetros fisicoquímicos son utilizados para diferentes propósitos dentro de los humedales, como la restauración de estos ecosistemas. En los humedales de la Laguna la Mancha, Veracruz, se evaluaron parámetros fisicoquímicos como la salinidad y conductividad de siete tipos de humedales en los cuales se encuentran el popal y tular, estos ecosistemas presentaron valores del agua intersticial de entre 0.4 ± 0.1 ups para el popal y de 0.8 ± 0.3 ups para el tular, en lo que respecta a la conductividad presentaron valores de 0.6 ± 1.4 mS/cm y se obtuvo un nivel de inundación de 5 a 17 cm para ambos humedales, el manglar fue el que presentó los valores más altos de salinidad y de inundación (Flores *et al*., 2007).

En otro trabajo se midieron parámetros fisicoquímicos del agua de cuatro tipos de humedales en sitios similares a lo reportado por Flores *et al*. (2007), el propósito de este trabajo fue estudiar los componentes abióticos de estos ecosistemas. La conductividad eléctrica para el popal de La Mancha fue menor a 2 mS/cm, el valor más alto fue de 6 mS/cm para el popal y tular de río Blanco, Alvarado, la salinidad presentó una concentración de 5 y 4 ups respectivamente para el tular y popal de Alvarado, el nivel de inundación fue menor de 20 cm para el popal y tular de La Mancha, y en Rio Blanco el valor fue de 43 cm como máximo. Mediante estas mediciones de las variables fisicoquímicas se determinó la presencia de nueve asociaciones vegetales para los ecosistemas estudiados (Moreno-Casasola *et al.,* 2010).

En el humedal de Tumilco, ubicado en el municipio de Tuxpan Veracruz se han evaluado las características de variables fisicoquímicas del agua superficial y manto freático del popal y tular y otros tipos de vegetación presentes. Martínez (2013) obtuvo valores promedio para el agua superficial de oxígeno disuelto de

0.5 mg/L, una temperatura de 30 ºC, conductividad de 20 mS/cm, los sólidos totales disueltos fueron de 12.5 ppm, la salinidad fue de 1.1 ups, el valor de inundación máximo registrado para el popal y tular fueron de 29 y 45 cm. Cupil (2015) encontró valores de oxígeno disuelto de 2.83 mg/L, temperatura de 35.91 ºC, una salinidad de 0.25 ups, los sólidos totales disueltos fueron de 1643.05 ppm y la inundación fue de 48.66 cm. Los valores para el agua del manto freático registrados por Martínez (2013) y Cruz (2010) fueron similares con mayor concentración de salinidad y de oxígeno disuelto.

2.4 La fenología de las plantas hidrófitas

Como parte del desarrollo fenológico de las hidrófitas se realizó un estudio en la Laguna de Alcázar San Juan, España en la cual se determinó la fenología de *Typha domingensis* y *Phragmites australis*, además de otras especies presentes. *T. domingensis* presentó una floración en las estaciones de verano y otoño (junio a diciembre) y *P. australis* en los meses de julio a septiembre (Fuentes-Galán y Martínez-González, 2006).

En el lago Affnourir ubicado en la región Meknes-Tafilaet en Marruecos, se realizó un estudio para determinar la ecología de la flora acuática presente, por medio de un catálogo florístico se describieron cada una de las especies hidrófitas encontradas, la hidrófita *Phragmites australis* presentó una floración en los meses de junio y octubre, en este trabajo quedaron incluidos 36 taxones pertenecientes al hábitat acuático y palustre (Ferrero-Soriano, 2015).

En otro trabajo realizado en Argentina, se determinó la fenología de la especie *T. domingensis* la cual presentó una floración en verano entre los meses de junio a julio subiendo su inflorescencia al extremo de la planta, la fructificación

se presentó un mes más tarde entre agosto y septiembre (Mufarrege, 2012). Por otra parte en el Departamento de Mendoza también en Argentina se elaboró un herbario digital donde quedaron incluidas 63 especies, entre ellas *Phyla nodiflora* la cual presentó su floración únicamente en el verano el cual corresponde a los meses de diciembre a marzo, no se registró su fructificación (Darío-Soria *et al*., 2007). Para el bosque nativo de la provincia de Formosa *P. nodiflora* florece de agosto a septiembre esta especie resultó ser nativa de este ecosistema (Cabrera *et al*., 2013).

Para la flora perteneciente a los humedales de Puerto Viejo en Perú se realizó una investigación donde se estimó que la floración de *Schoenoplectus californicus* se presentó a mediados de la época lluviosa (mayo-noviembre) y en la época seca su fructificación fue cada seis meses, esta hidrófita mantiene el desarrollo económico del país (Palomino y Cabrera, 2008).

En los altos llanos centrales Venezolanos se logró determinar la fenología de todas las especies hidrófitas pertenecientes a esta región, se evaluaron un total de 171 especies la mayoría fueron herbáceas. La floración se presentó durante el periodo de mayor precipitación mientras que la fructificación solo fue cada seis meses, las familias más dominantes de este ecosistema fueron Fabaceae, Poaceae, Caesalpiniaceae, Mimosaceae y Asteraceae (Ramírez, 2009).

En Nicaragua se realizó un estudio sobre la flora arvense y ruderal en la cual quedaron incluidas algunas especies hidrófitas como fue el caso de *Cyperus articulatus* y *Phyla nodiflora* a las cuales se les determinó su desarrollo fenológico, ambas especies florecen y fructifican durante todo el año (Alemán-Zeledón *et al*., 2012). En otro trabajo realizado en el mismo país, Stevens *et al*.

(2001) determinó la fenología de *Sagittaria lancifolia,* esta especie mantiene sus flores y frutos durante todo el año.

En el río Lerma ubicado en el estado de México, se hizo un análisis sobre la heterofilia de *Sagitaria macrophylla,* se evaluó su estado vegetativo en un estanque artificial con diferentes niveles de inundación (5, 15, 30 y 45 cm), durante 10 semanas los organismos de *S. macrophylla* encontrados en los 5 y 45 cm de profundidad presentaron un mayor tamaño en sus hojas, en la semana ocho se logró observar que los organismos presentes en los 15, 30 y 45 cm de inundación comenzaban con su etapa de floración (Sánchez-Reyes *et al*., 2012).

Mediante un análisis de vegetación se elaboró un inventario florístico del parque nacional Cañón del Sumidero, Chiapas mediante los datos obtenidos se determinó la distribución y fenología de las especies presentes, dentro de estas especies se encontró a la hidrófita *Cyperus articulatus* la cual presentó una floración en el mes de agosto, las familias más representativas fueron Fabaceae y Asteraceae (Espinosa-Jiménez *et al*., 2011).

En los pantanos de Centla, Tabasco se realizó un estudio de la comunidad de plantas hidrófitas presentes en los ecosistemas de popal y tular, donde se evaluó la fenología de cada planta, la especie *Typha domingensis* fue la dominante del ecosistema de tular, presentó en febrero su floración y fructificación, *Cyperus articulatus* floreció cuatro meses (febrero, mayo, agosto y noviembre) y fructificó en dos meses (febrero y noviembre) y *Sagittaria lancifolia* ambas etapas las presentó en mayo y noviembre (Guerra-Martínez, 2002).

En un humedal experimental en Michoacán, México se llevó a cabo un estudio enfocado en dos especies de plantas hidrófitas, *Phragmites australis* y *Schoenoplectus americanus* a estas especies se le adicionó una variedad de nutrimentos dentro de los humedales para observar su desarrollo. *P. australis* aumentó el tamaño de sus tallos conforme paso el tiempo de experimentación, la floración de esta especie se presentó de julio a septiembre, mientras que la formación de semillas fue de agosto a septiembre y para los meses de noviembre a enero ocurrió la diseminación de las semillas (Escutia-Lara y Linding-Cisneros, 2012). Otro estudio hecho por Lot *et al*. (2015) determinó que *P. australis* tiene su floración desde octubre a diciembre y su fructificación es en el mes de enero mientras que *Typha domingensis* y *Cyperus articulatus* presentan una floración y fructificación anual de enero a diciembre. Generalmente, *P. australis* florece en primavera (marzo a junio) y fructifica en otoño de octubre a diciembre (CONABIO, 2009).

Para Pátzcuaro, Michoacán se realizó un análisis ecológico de la flora del Bajío y regiones adyacentes, principalmente de la familia Verbenaceae, en la cual se presentó la especie *Phyla nodiflora*, se determinó que esta especie florece en julio y octubre, además resultó ser rara para el sitio por lo cual fue considerada como vulnerable a la extinción en esta región del país (Rzedowski y Calderón de Rzedowski, 2002). En otro estudio elaborado en Michoacán para la familia Alismataceae se determinó la fenología de *Sagittaria lancifolia* especie que florece durante todo el año (Novelo, 2003).

En Tumilco existen grandes extensiones con popales y tulares, sin embargo, a pesar de la importancia de estos ecosistemas como productores de bienes y servicios, son pocos los estudios que hayan analizado la interrelación entre su

riqueza, fenología de las especies presentes y los factores fisicoquímicos de los sitios donde se establecen.

Para resolver lo anterior se propone el siguiente objetivo general.

3.- OBJETIVOS

General:

- Analizar la estructura, diversidad y fenología de la vegetación hidrófita presente en los humedales de Tumilco, municipio de Tuxpan.

Particulares:

- Evaluar la riqueza, diversidad y abundancia (estructura) de las plantas hidrófitas presentes en dos tipos de humedales (popal y tular).

- Analizar los parámetros físico-químicos del agua superficial y del manto freático y su relación con la vegetación hidrófita presente en el popal y tular.

- Determinar los cambios en estadios de las plantas hidrófitas más abundantes a través de su fenología en el popal y tular.

4.- ÁREA DE ESTUDIO

Tumilco es una localidad perteneciente al municipio de Tuxpan, en el estado de Veracruz, se encuentra situada a 10 m de altitud sobre el nivel del mar, sus coordenadas geográficas son 20º 54’ 32’’ de longitud oeste y 97º 19’ 13’’ de latitud norte (Figura 1) (INEGI, 2001).

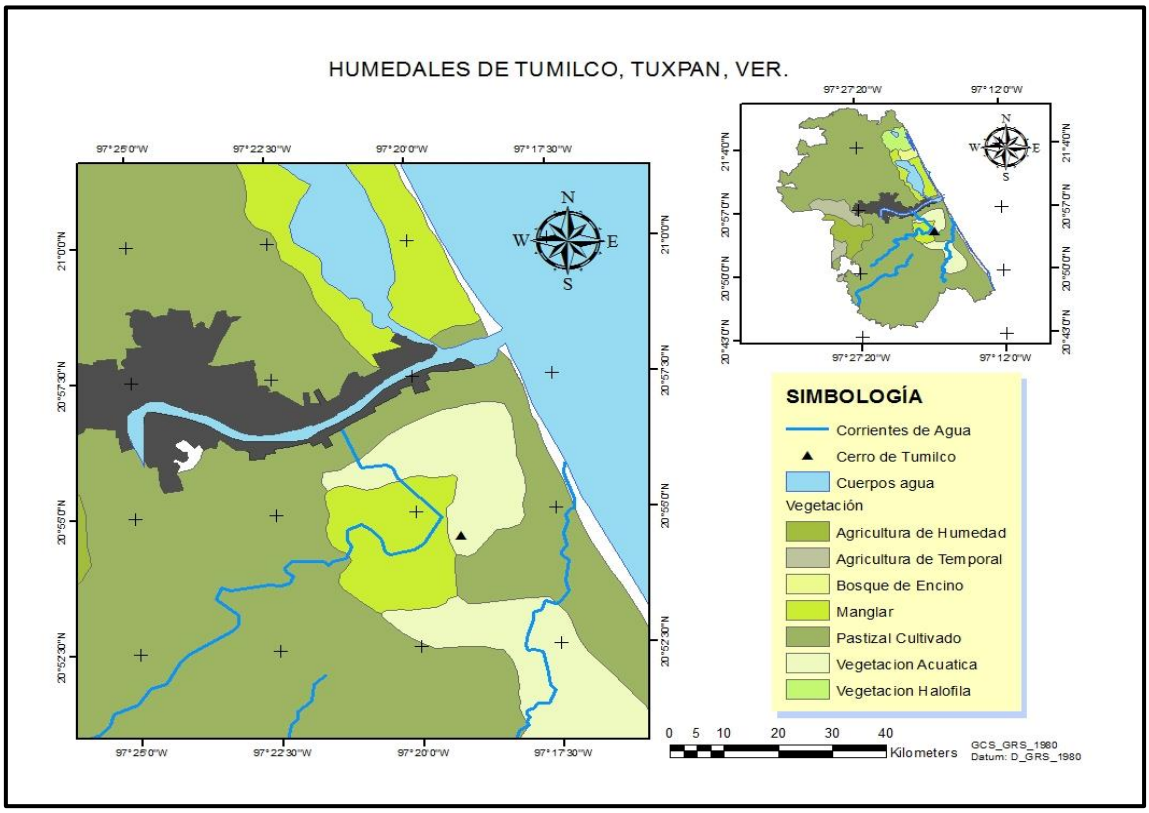

Figura 1. Área de estudio donde se aprecian los distintos tipos de vegetación en Tumilco, municipio de Tuxpan.

El manglar de Tumilco se encuentra colindando con las localidades de Tabuco, Países Bajos y Benito Juárez. En este humedal se encuentran diversos tipos de vegetación, como: pastizales, tulares y manglares, estos humedales se alimentan principalmente del río Pantepec. El clima es cálido subhúmedo con

lluvias en verano, su precipitación anual es de 1,341.7 mm, los suelos presentes en este municipio son del tipo gleysol y vertisol (INEGI, 2001). El suelo del manglar y popal presenta una textura de tipo arcilloso y en el tular es de tipo arcilloso limoso (Rossalino-Jiménez, 2012).

Los principales tipos de vegetación presentes en el sistema lagunar y estuarino denominado “laguna de Tampamachoco y estero de Tumilco” son el manglar, con las especies *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa*, *Avicennia germinans* y *Conocarpus erectus*, el tular de *Typha latifolia-Phragmites australis* y el encinar tropical *Quercus oleoides*. También se encuentran especies asociadas de selva media subperennifolia como *Acacia cornigera*, *Bursera simaruba*, *Psidium guajava*, *Bromelia pinguin*, *Viscum album*, *Jacquinia macrocarpa* y *Zamia sp* (INEGI, 2001).

5.- MATERIAL Y MÉTODOS

5.1 Selección de humedales

Se realizó un recorrido preliminar en la zona de estudio para ubicar los dos tipos de humedales (popal y tular), en cada tipo de vegetación se colocaron dos áreas de muestreo y en cada área se establecieron ocho unidades de muestreo a lo largo de un transecto de 50 m (Figura 2).

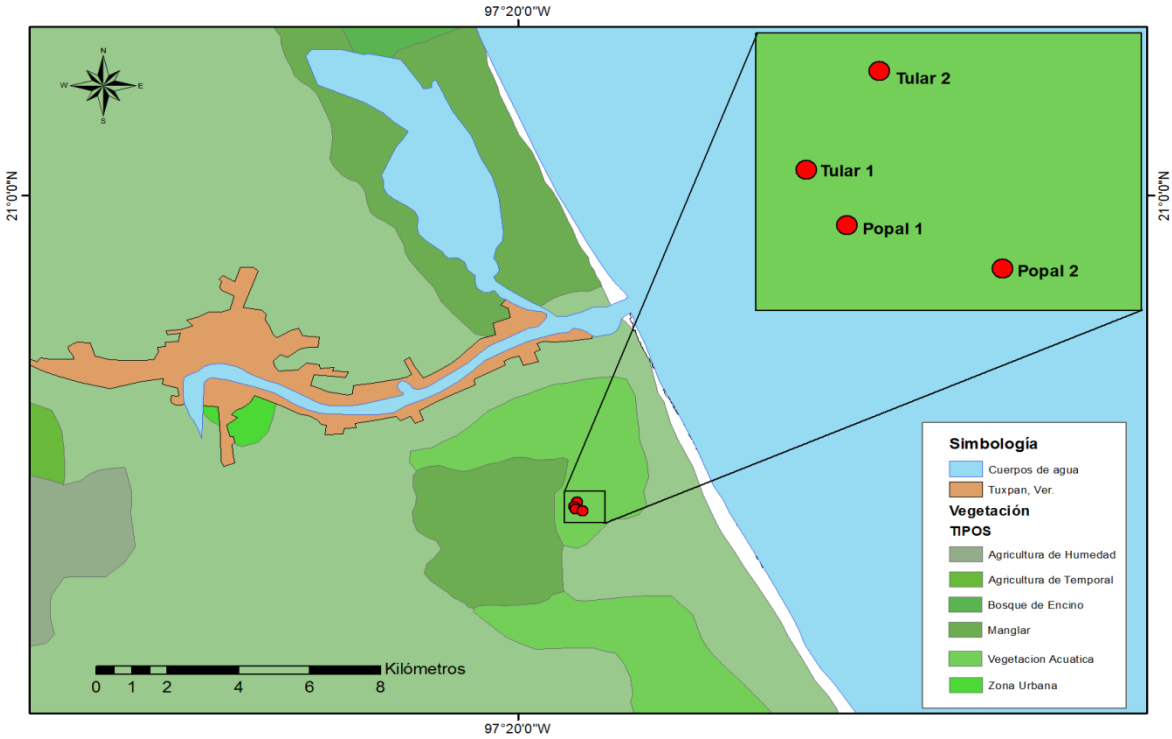

Figura 2. Sitios de muestreo de vegetación y parámetros fisicoquímicos en Tumilco municipio de Tuxpan Ver.

Una vez ubicados las áreas de muestreo, se colocaron 32 cuadrantes en los cuales se midió la riqueza, diversidad y abundancia de las especies hidrófitas.

Por medio de observaciones en el sitio se evaluó la riqueza y diversidad de las especies hidrófitas presentes en el popal y tular, estas observaciones fueron

anotadas en una libreta de campo (con los datos obtenidos se elaboró una tabla de presencia-ausencia de especies).

Para medir la cobertura por especie, en cada sitio se realizaron cuadrantes de 2 x 2 m correspondientes para vegetación herbácea. Para la obtención de los datos de abundancia por especie, se utilizó la escala propuesta por Westhoff y Van der Maarel (1978) correspondiente para comunidades vegetales (Cuadro 1).

Cuadro 1. Escala de cobertura-abundancia de Westhoff y Van der Maarel (1978) para el muestreo de vegetación.

Westhoff y Van der Maarel (1978)
9= más del 75% del cuadro
8= entre 50 y 75%
7= entre 25 y 50%
6= entre 12.5 y 25%
5= entre 5 y 12.5%
4= menos del 5%, pero más de 10 individuos, demasiados para contar
3= menos de 5%, más de 10 individuos y se puede contar
2= menos de 5%, entre 3 y 10 individuos
1= menos de 5%, 1 a 3 individuos

5.2 Colecta de ejemplares y determinación taxonómica

Para la colecta de los ejemplares que no se lograron identificar *in situ* fue indispensable que presentarán estructuras reproductivas, cada ejemplar colectado se colocó en una bolsa de plástico con solución FAA (formol, alcohol, ácido acético) para evitar su descomposición.

Las muestras biológicas se secaron y etiquetaron con los datos de fecha de colecta, sitios de colecta, colector y observaciones generales, las especies se identificaron mediante los fascículos de la flora de Veracruz del instituto de Ecología.

5.3 Instalación de piezómetros para la medición de parámetros físico-químicos

Para la medición de los parámetros físico-químicos del agua del manto freático se colocaron piezómetros en cada uno de los transectos (Peralta-Peláez *et al.*, 2009). Se enterraron un total de 32 piezómetros a una profundidad de 1.5 m. En puntos donde el suelo fue muy blando o saturado de agua solo se instalaron a presión, se colocó un tapón de plástico para evitar la entrada de algún animal al mismo. Una vez colocados se etiquetaron cada uno con un marcador indeleble con los datos correspondientes a cada transecto. El registro de los parámetros físico-químicos del agua superficial y del agua del manto freático se obtuvieron con la ayuda de una sonda multiparamétrica marca Hanna HI 9828.

En cada unidad se midieron las siguientes variables:

Mensualmente (agua superficial):

- Oxígeno disuelto

- Temperatura
- Conductividad
- Sólidos disueltos Totales
- Salinidad
- Potencial oxido reducción
- Porcentaje de oxígeno
- Nivel de inundación

Bimensualmente (agua del manto freático):

- Oxígeno disuelto
- Temperatura
- Conductividad
- Sólidos disueltos Totales
- Salinidad
- Potencial oxido reducción
- Porcentaje de oxígeno
- Profundidad del manto freático

Las muestras de agua se obtuvieron con la ayuda de una bomba manual de extracción, la profundidad del manto freático se midió con un sensor electrónico (marca Solinst®). Los 16 tubos fueron réplicas en cada tipo de vegetación, los datos se anotaron en una libreta de campo para después realizar una base de datos.

5.4 Descripción del estado fenológico

Se registró la fenología de las hidrófitas, la cual es interpretada como los cambios cíclicos de las plantas, este estudio permitió conocer los patrones de floración y fructificación de cada una de las especies colectadas dentro de los transectos.

Para este estudio se realizaron evaluaciones cada 15 días, debido a que algunas especies tienen sus ciclos reproductivos de corto tiempo. A estas especies se les analizó su crecimiento vegetativo el cual consistió en realizar observaciones sobre la formación de hojas nuevas así como la aparición de flores y frutos para determinar en qué meses presentaron sus cambios biológicos, se tomaron fotografías a cada ejemplar para conocer la estructura de las flores o frutos, se anotó en una libreta de campo las etapas de cambio de las especies hidrófitas.

Por medio de un cuadro se dio a conocer las diferencias entre las especies colectadas de cada transecto, donde se determinó los meses de cambio en el desarrollo de las especies.

5.5 Análisis de datos

Con los valores de riqueza y abundancia (cobertura) se obtuvo el valor de diversidad verdadera con el cual se pudo conocer cuales sitios son más diversos en especies hidrófitas.

El índice de diversidad verdadera, mide la diversidad que tendría una comunidad integrada por ***i*** especies igualmente comunes. Su unidad de medición es el número efectivo de especies.

Con el índice de Shannon-Wiener se pudo determinar la diversidad de especies de los sitios de muestreo, para la obtención de este índice se utilizó el programa Species Diversity and Richness (Versión 3.02), se tomó el valor de la riqueza y mediante estos datos se determinó su exponencial, automáticamente mediante este proceso se adquirió el valor de diversidad verdadera por sitio de muestreo por medio del programa Excel.

Para las variables fisicoquímicas se realizó estadística descriptiva por medio del programa IBM SPSS Statistics 19, además se obtuvieron los valores mínimos y máximos de cada una de las variables (IBM, 2010), los gráficos se elaboraron por medio del programa Statistica Versión 7.0 (StatSoft, 2004), para detectar los sitios y meses en los cuales las características fisicoquímicas mostraron diferencias significativas.

Finalmente se realizó un análisis de correspondencia canónica (CCA) en el programa R versión 3.2.3, con la finalidad de determinar que variables fisicoquímicas están relacionadas con la distribución de las especies hidrófitas dentro de los sitios de muestreo, este tipo de análisis permite relacionar la abundancia de especies con las variables dentro de un entorno ecológico.

6.- RESULTADOS

6.1 Valores de riqueza, diversidad y abundancia de las especies

Se obtuvo un total de nueve especies de plantas hidrófitas, donde el tular 1 presentó la mayor riqueza y diversidad de especies seguido por el popal 1, el sitio que obtuvo el valor más bajo de riqueza de especies fue el popal 2 (Cuadro 2).

Cuadro 2. Riqueza y diversidad de especies dentro de los sitios de muestreo

Vegetación	Riqueza	Diversidad de Shannon	Diversidad verdadera
Tular 1	8	2.079	7.996
Tular 2	5	1.609	4.997
Popal 1	6	1.792	6.001
Popal 2	4	1.386	3.998

Typha domingensis y *Eleocharis triangularis* dominaron la cobertura de las especies para el tular y popal respectivamente, siguiendo para el tular, se encontró a *Phragmites australis* y para el popal *Bacopa monnieri.* Las especies que se encontraron dentro de los cuatro sitios de muestreo fueron *Cyperus articulatus* y *B. monnieri* (Figura 3).

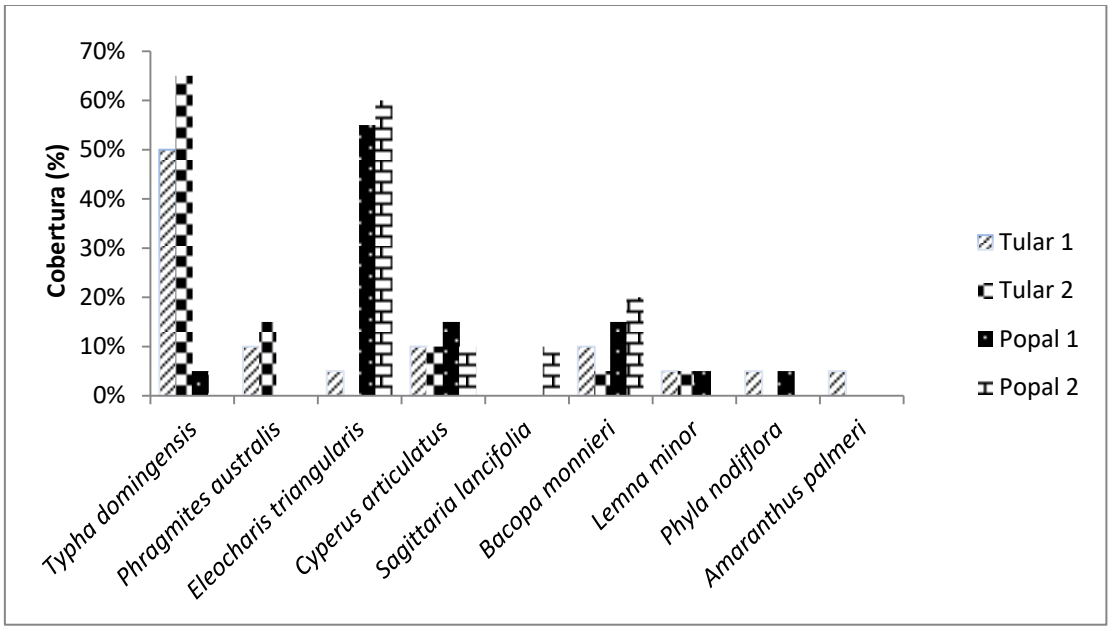

Figura 3. Cobertura-abundancia de las especies hidrófitas dentro de los sitios de muestreo.

La diferencia de especies no compartidas entre los dos sitios de tular fue de tres, mientras que para el popal fueron cuatro especies. Las hidrófitas que no se comparten entre ambos ecosistemas fueron, *Phragmites australis*, *Amarantus palmeri* la cual es una especie ocasional y *Sagittaria lancifolia* que solo se encuentra en ecosistemas de popal.

6.2 Parámetros fisicoquímicos del agua superficial y manto freático

Para el agua superficial se registró el valor máximo de temperatura con 36.3 ºC para el mes de julio correspondiente al popal 1, el valor más bajo se presentó en el tular 1 y 2 con 17.4 ºC (Figura 4).

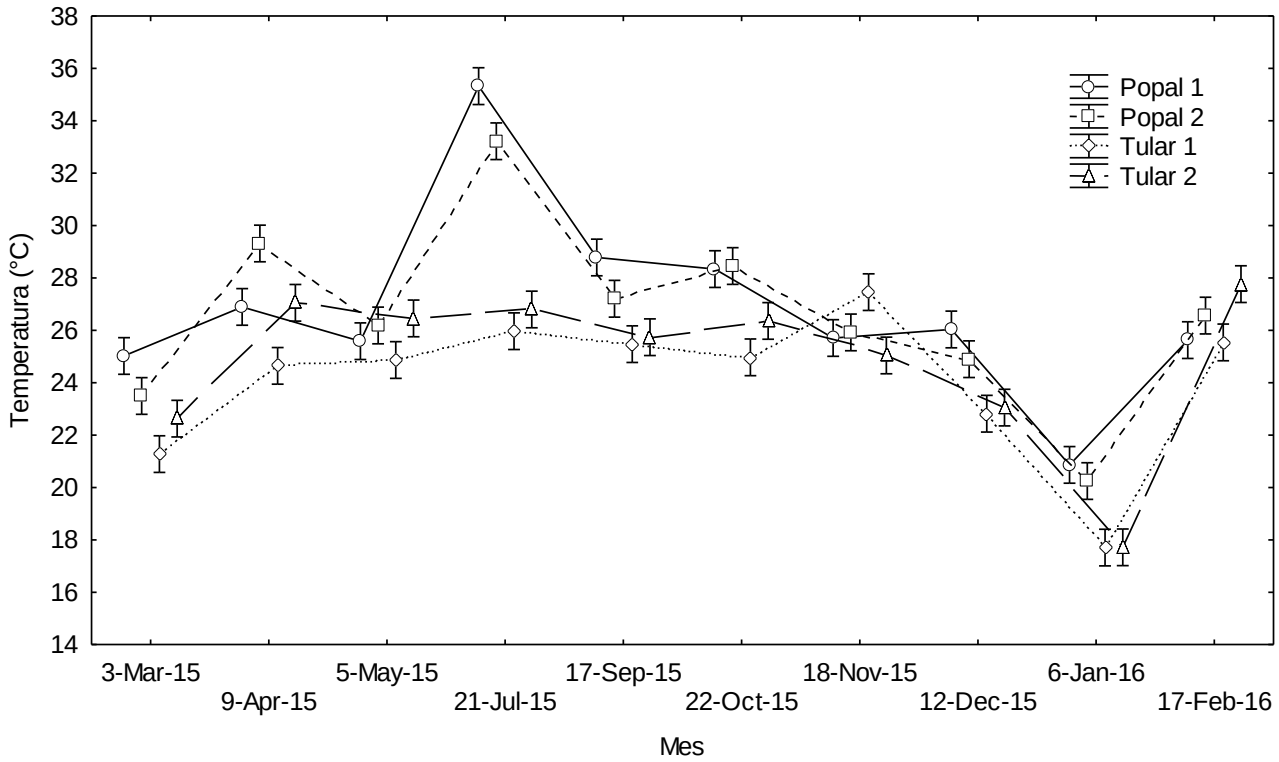

Figura 4. Valores promedio de temperatura (ºC) del agua superficial por sitio y mes de muestreo en los humedales de Tumilco Ver.

La conductividad y los sólidos disueltos totales presentaron sus valores máximos respectivamente en el popal 1 (valor 1 y valor 2 respectivamente) (Cuadro 3).

Cuadro 3. Valores mínimos y máximos generales de conductividad (mS/cm) y sólidos disueltos totales (ppm) del agua superficial en Tumilco Ver..

Variable	Vegetación	Valor mínimo	Valor máximo
Conductividad	Popal 1	0.61	**6.28**
	Popal 2	0.50	4.91
	Tular 1	0.66	6.06
	Tular 2	0.74	6.26
Solidos totales	Popal 1	0.30	**3.14**
	Popal 2	0.25	2.42
	Tular 1	0.33	3.03
	Tular 2	0.14	3.13

Para la salinidad se presentó un valor máximo de 3.41 ups en el tular 2 el cual correspondió al mes de mayo, el valor mínimo fue de 0.24 ups para el popal 2 (Figura 5).

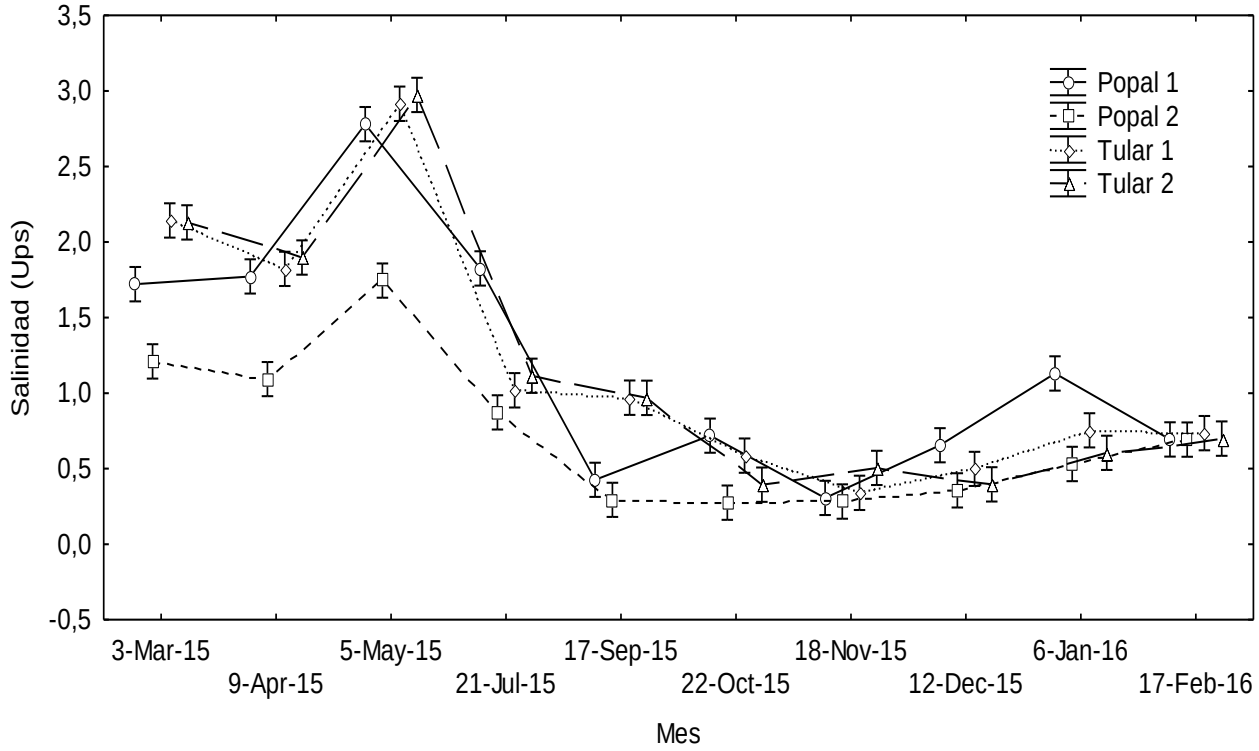

Figura 5. Valores promedio (± e.e.) de salinidad (ups) del agua superficial por mes de muestreo en Tumilco Ver.

El potencial de óxido reducción presentó un valor máximo de 187.60 mV en el tular 1, seguido por el tular 2 con 187.10 mV. Para el porcentaje de oxígeno se registró un valor mínimo de 1.5 % para el tular 1 y el máximo registrado fue de 30.3 % para el popal 1 (Cuadro 4).

Cuadro 4. Valores mínimos y máximos generales de las variables potencial oxido reducción (mV) y porcentaje de oxígeno (%) por sitios de muestreo

Variable	Vegetación	Valor mínimo	Valor máximo
P. oxido reducción	Popal 1	-149.2	128.70
	Popal 2	-201.1	154.10
	Tular 1	-229.4	**187.60**
	Tular 2	-229.4	187.10
% de oxígeno	Popal 1	2.80	**30.30**
	Popal 2	1.60	26.50
	Tular 1	**1.50**	16.80
	Tular 2	2.30	22.10

La inundación mostró en el tular 2 su valor máximo con 80 cm registrado para noviembre, el valor mínimo fue de 5 cm el cual se presentó para tres sitios en mayo (Figura 6).

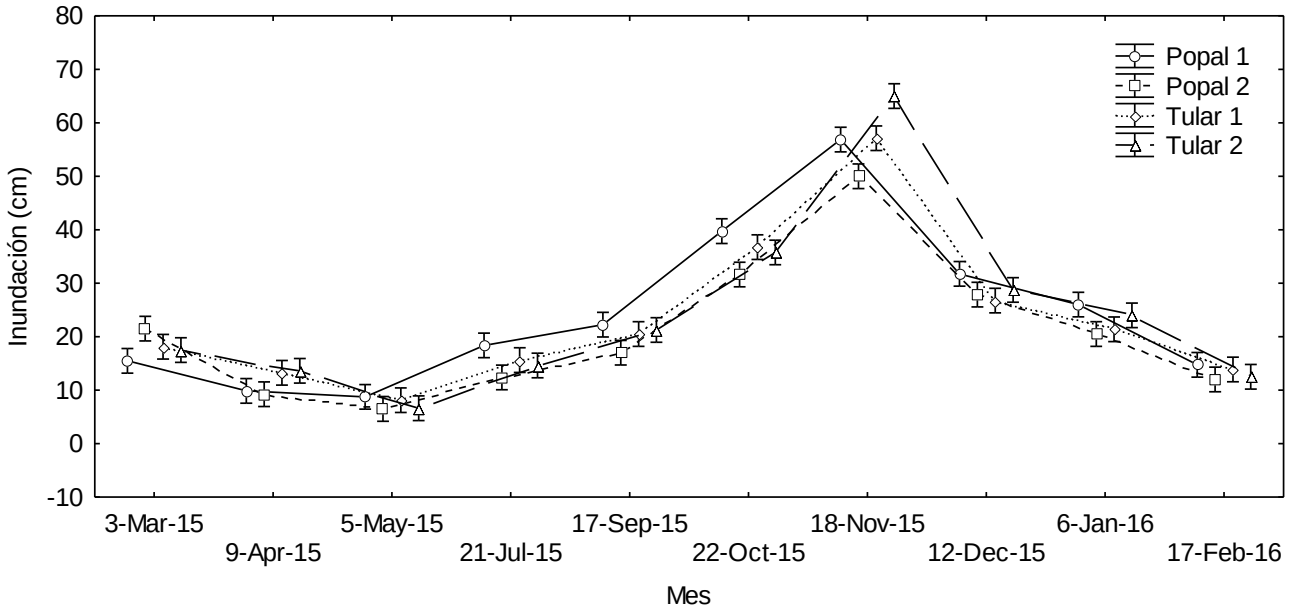

Figura 6. Valores promedio (± e.e.) de nivel de inundación del agua por sitio y meses de muestreo.

Las características fisicoquímicas del agua de manto freático presentaron un valor de oxígeno disuelto de 5.6 mg/l como máximo correspondiente al tular 1, el valor mínimo se registró en dos sitios con un valor de cero (Ver anexos), la temperatura y la conductividad presentaron sus máximos valores en el popal 1 los cuales correspondieron al mes de agosto (Cuadro 5).

Cuadro 5. Valores promedio de temperatura (ºC) y conductividad (mS/cm) por tipo de vegetación.

Variable	Vegetación	Valor mínimo	Valor máximo
Temperatura	Popal 1	24.40	**38.30**
	Popal 2	9.70	32.83
	Tular 1	20.60	32.34
	Tular 2	21.30	30.71
Conductividad	Popal 1	0.00	**35.12**
	Popal 2	0.00	21.80
	Tular 1	0.00	26.06
	Tular 2	0.00	18.42

Los sólidos disueltos totales y la salinidad presentaron sus máximas concentraciones en abril con 11.36 ppm y 13.66 ups respectivamente, los valores mínimos se registraron para el mismo mes pero para el popal 1 (Figuras 7 y 8).

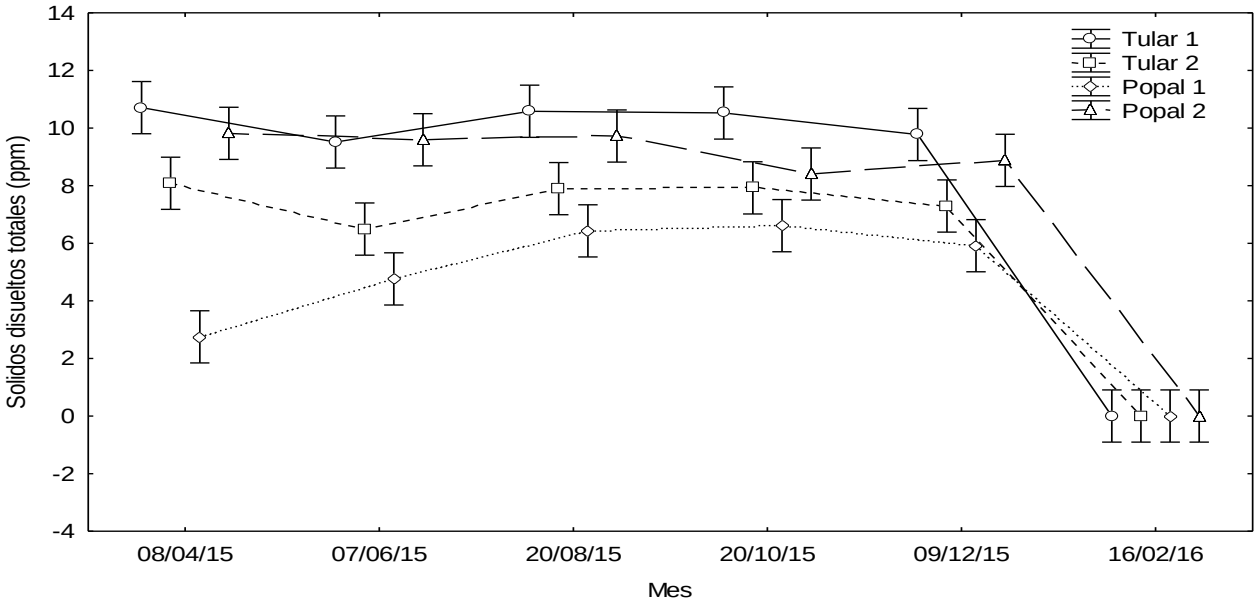

Figura 7. Valores promedio de solidos disueltos totales (ppm) del agua del manto freático por mes de muestreo en Tumilco Ver.

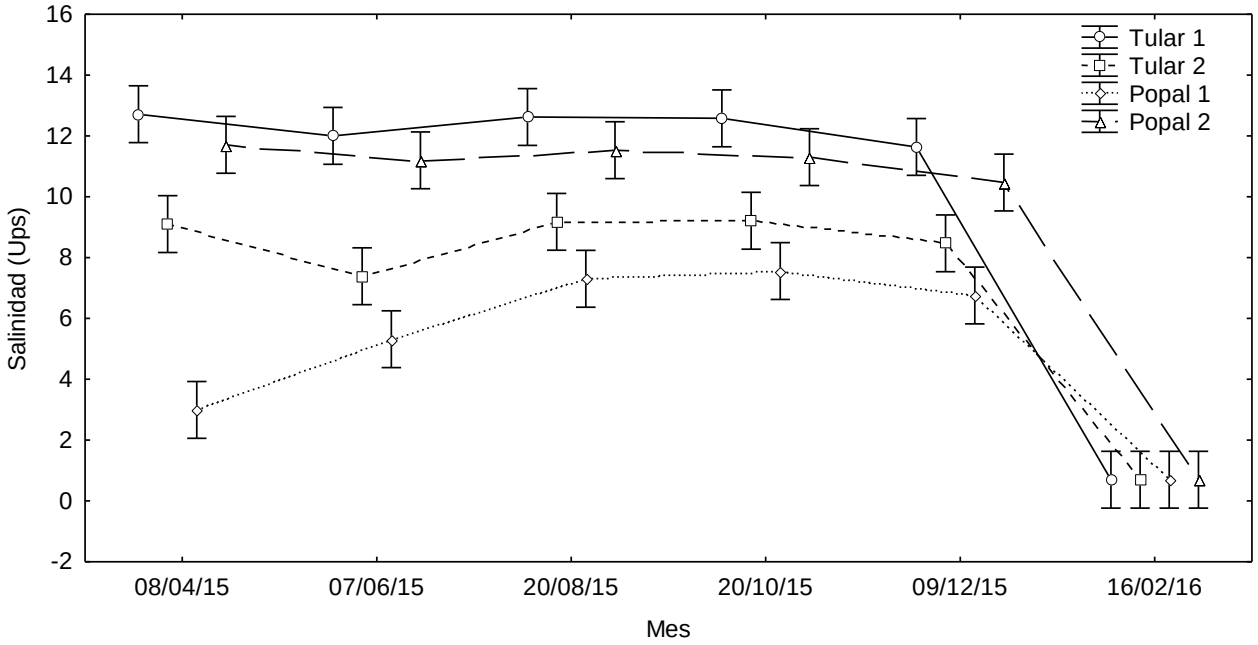

Figura 8. Valores promedio de salinidad (ups) por meses de muestreo.

Las variables de potencial de óxido reducción y porcentaje de oxígeno disuelto presentaron sus máximos valores en el popal 1 con 12.00 mV y 22.00 % (ver anexo). La profundidad máxima registrada en la que se encontró el agua del manto freático fue a los 116 cm en el popal 2, seguido por el popal 1 con 90 cm (Cuadro 6).

Cuadro 6. Profundidad del manto freático (m) por sitio de muestreo en los humedales de Tumilco Ver.

Variable	Vegetación	Valor mínimo	Valor máximo
Manto freático	Popal 1	1	90
	Popal 2	0	116
	Tular 1	0	35
	Tular 2	2	39

6.2 Fenología de las plantas hidrófitas

La mayoría de las especies de plantas hidrófitas presentaron un follaje maduro (verde oscuro) entre los 3 y 7 meses, mientras que el follaje joven (verde claro) se observó de 3 a 4 meses del año. La floración de las hidrófitas se presentó entre los 5 y 7 meses, este tiempo fue mayor que el de la fructificación (2 a 3 meses). La única especie que desarrollo tanto flores como frutos por casi todo el año fue *Sagittaria lancifolia*; en algunas especies no se logró observar las flores y frutos debido al tamaño que presentan (Cuadro 7).

Cuadro 7. Etapas fenológicas de las especies hidrófitas encontradas en el tular y popal de Tumilco Ver.

Especie	**Desarrollo del follaje (meses)**		**Desarrollo reproductivo (meses)**	
	Follaje joven	**Follaje maduro**	**Floración**	**Fructificación**
Typha domingensis	May-Jul/Dic	Mar-Abr/Ago-Nov/Ene-Feb	Abr-Feb	May-Jun
Phragmites australis	Jun/Sep/Dic	Mar-Abr/Oct-Nov/Ene-Feb	Mar-May/Oct/Dic-Ene-Feb	May/Nov
Eleocharis triangularis	Mar/Sep-Oct	Abr-May/Nov/Ene-Feb	Abr-May/Jul/Sep/Nov	
Cyperus articulatus	May/Sep-Oct	Mar-Abr/Jul/ Ene-Feb	Mar-May/Jul/Nov/Feb	
Sagittaria lancifolia	Mar/Jul/Oct	Abr-May/Ago-Sep/Nov/Ene-Feb	Mar-May/Jul-Feb	Mar-May/Jul-Dic/Feb
Bacopa monnieri	Abr-May/Ago	Jun-Jul/Sep-Ene	Mar-May/Jul-Nov/Feb	Jul-Sep
Lemna minor	Abr/Oct/Ene	Nov-Ene		
Amaranthus palmeri	Jun	Jul-Sep	Jul-Sep	Sep
Phyla nodiflora	Mar-Abr/Jul/Oct	May-Jun/Ago-Sep/Nov/Ene-Feb	Abr-Jun/Ago-Oct/Feb	

6.3 Descripción del análisis de correspondencia canónica (CCA)

Mediante este análisis se pudo establecer que a lo largo del eje 1 se presentó un mayor número de especies, tres especies están estrictamente relacionadas con las variables oxígeno disuelto, porcentaje de saturación de oxígeno y la temperatura. El potencial de óxido reducción estuvo asociado con la distribución de dos especies hidrófitas, todas las especies presentes en el eje 1 se encuentran en el ecosistema de popal. Para el eje dos se encontraron cuatro variables ambientales de las cuales la inundación es la que determina la distribución de las especies presentes, para el eje dos las especies hidrófitas solo se presentan en el ecosistema de tular (Figura 9).

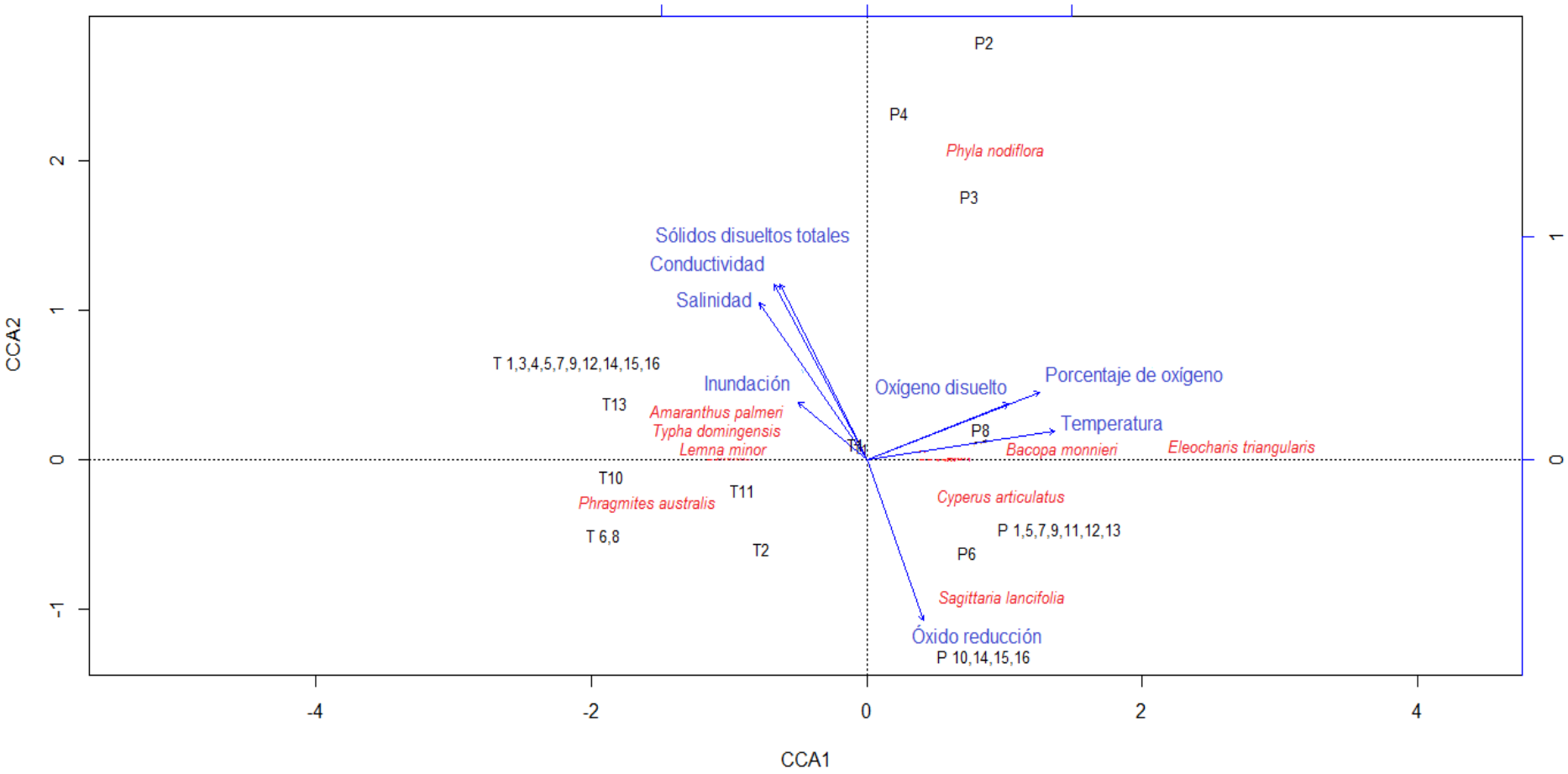

Figura 4. Análisis de correspondencia canónica entre variables fisicoquímicas, especies y sitios de muestreo en Tumilco.

7.- DISCUSIÓN

7.1 Riqueza y diversidad encontrada de las plantas hidrófitas

En el presente estudio se evaluó la riqueza, diversidad y abundancia de las plantas hidrófitas que se encuentran presentes en el popal y tular de la comunidad de Tumilco, municipio de Tuxpan Veracruz. Además, se analizaron los parámetros fisicoquímicos del agua superficial y del manto freático, así como la fenología de cada una de las especies encontradas dentro de estos ecosistemas.

La riqueza de especies máxima se presentó en el tular, esto es algo notable de observar debido a que *Typha domingensis* especie determinante, coloniza áreas además de que forma un denso conjunto de rizomas y raíces que se logran expandir de forma fácil y rápida, en el interior difícilmente crecen otras especies de plantas acuáticas (Curt-Fernández, 2003).

La riqueza de especies del popal y tular de Tumilco de la presente investigación obtuvo un valor total de nueve especies para estos dos tipos de humedal. Para el ecosistema de popal se registró una riqueza de seis especies y en el tular ocho especies, estos resultados fueron similares a los encontrados por Palma-López *et al*. (2011) en Chontalpa Tabasco, quienes obtuvieron una riqueza de 5 y 7 para el popal y tular respectivamente, la diferencia entre número de especies fue mínima, la riqueza de las hidrófitas de Tumilco está probablemente beneficiada por el aporte de nutrientes proveniente del manglar, en Chontalpa Tabasco el popal y tular se encuentran compitiendo con otros ecosistemas por lo cual el desarrollo de las hidrófitas es más limitado.

La diversidad de hidrófitas registrada por Zepeda-Gómez *et al*. (2012) en la cuenca del Río Lerma y la reportada por Peralta-Peláez y Moreno-Casasola (2009) para los lagos interdunarios de la costa de Veracruz, presentaron valores de 3.29 y 3.04 respectivamente estos humedales fueron más diversos en comparación con lo obtenido para el presente estudio (2.079), lo que probablemente se debe a que el tamaño de nuestro sitio de estudio fue menor y por consiguiente menos diverso en especies hidrófitas. Por otra parte, Moreno-Casasola *et al*. (2010) determinaron la diversidad de los humedales herbáceos de la planicie costera de Veracruz y la cuenca baja del río Papaloapan. La mayor diversidad se presentó en los humedales de laguna Conejo mientras que el popal de la desembocadura del río Blanco presentó un valor de 2.33, un poco mayor a lo obtenido para el popal de Tumilco (1.79). Probablemente esto se debe a que en los humedales aumentan su diversidad de especies hacia la zona sur del estado (la diversidad en muchas especies se incrementa hacia el Ecuador), encontrándose distintos tipos de ecosistemas de humedal donde se desarrollan un mayor número de especies hidrófitas.

Por medio de la evaluación de dos tipos de humedales conocidos como popal y tular, se pudo determinar que pueden ser comparables en riqueza y diversidad de especies con otros ecosistemas ya sean de nivel nacional e internacional, debido a que a pesar de haberse estudiado una parte del humedal los valores obtenidos son similares a humedales que presenta una mayor extensión.

Con respecto a la riqueza de especies hidrófitas, se encontró que esta fue más alta dentro de los sitios (popal o tular) que entre ecosistemas, debido a que para los dos sitios del tular existe una riqueza de tres especies entre sitios, para los sitios de popal la riqueza fue de cuatro especies, entre ecosistemas las

especies que no se presentaron entre ambos fueron tres. Las especies no compartidas de los sitios de tular fueron *Eleocharis triangularis*, *Phragmites australis* y *Phyla nodiflora*, para los sitios de popal las especies fueron *Typha domingensis*, *Eleocharis triangularis*, *Phyla nodiflora* y *Sagittaria lancifolia*.

7.2 Análisis de los parámetros físico-químicos del agua superficial y manto freático

Las características de las variables fisicoquímicas de los humedales son de gran importancia ya que ayudan a determinar las condiciones en la que se encuentran dichos ecosistemas. En el humedal de Tembladeras ubicado en la región hidrológica del Papaloapan, CONACyT y CONAGUA (2011) evaluaron la variable de temperatura donde reportaron un valor de 20.9 ºC, valor inferior a lo registrado para esta investigación que fue de 36.3 ºC, seguido por lo obtenido por Cupil (2015) con 35.91 ºC y Martínez (2013) con 30 ºC, estos últimos valores fueron similares manteniéndose de los 30ºC en adelante ya que fueron evaluados para la misma localidad, esto indica que la temperatura ha aumentado poco en los últimos tres años. La temperatura del humedal de Tembladeras posiblemente resultó ser más baja por la obstrucción de rayos solares que no llegan al agua de forma directa debido a la cobertura vegetal que generan especies de plantas pertenecientes a selva baja inundable.

El oxígeno disuelto presente en el agua superficial del popal y tular de Tumilco mostró valores que oscilaron entre 0.5 a 2.55 mg/L concentración similar a la reportada por Cupil (2015) con 2.83 mg/L, Martínez (2013) por el contrario registró una baja concentración de 0.5 mg/L, estos estudios fueron realizados para las misma localidad del presente trabajo. El valor registrado por Martínez

(2013) fue bajo probablemente porque en el humedal es frecuente una alta concentración de materia orgánica y su putrefacción demanda gran cantidad de oxígeno disuelto, este proceso es conocido como eutrofización.

La conductividad eléctrica mostró valores bajos en todo el periodo de muestreo, en el popal se presentó el valor máximo con 6.28 mS/cm y los sólidos totales disueltos obtuvieron una concentración de 3.14 ppm, estos valores estuvieron por debajo de lo reportado por Martínez (2013), quien obtuvo una conductividad de 20 mS/cm y 4 ppm de sólidos disueltos totales. Algunas variables como la conductividad y los sólidos disueltos totales están relacionadas entre sí, debido a que mientras mayor sea la cantidad de sólidos disueltos totales en el agua la conductividad eléctrica será mayor (Chapman y Kimstach, 1992).

La salinidad es una variable de carácter fundamental en los ecosistemas de humedales, para los humedales herbáceos de Tembladeras el valor de esta variable tuvo un amplio intervalo (1.5 a 26.9 ups) en el manglar y se considera un valor elevado (CONACyT-CONAGUA, 2011). En otro estudio en la localidad de Tumilco, Cupil (2015), presentó un valor de 0.25 a 1.69 ups y Martínez (2013) registró también concentraciones bajas de 0.1 a 1.1 ups para la misma localidad ambos estudios evaluaron los ecosistemas de popal y tular. El valor de salinidad para esta investigación (3.41 ups) fue ligeramente mayor a lo reportado en los dos estudios antes mencionados. Todos los valores registrados para los humedales de Tumilco estuvieron en concentraciones relativamente bajas ya que el agua presente es dulce, mientras que los humedales de Tembladeras su aporte de agua proviene de un ámbito continental, por lo cual las concentraciones de salinidad para estos ecosistemas es marcadamente superior.

La inundación se presentó casi todo el año, durante el estudio en los ecosistemas de popal y tular. Se registró un nivel máximo de 80 cm para el tular y el valor mínimo de 5 cm en el popal. Cupil (2015) obtuvo un nivel de inundación de 48.66 cm como máximo, mientras que Martínez (2013) registró un nivel de 45 cm, estas tres investigaciones se realizaron para los mismos ecosistemas. En otro estudio, el humedal herbáceo de La Mancha presentó valor máximo de 17 cm y Río Blanco de 43 cm registrado por Moreno-Casasola *et al*. (2010). Estos dos últimos humedales fueron los que presentaron un nivel más bajo de inundación, ya que en ellos se realizan programas de drenado y provocan problemas en su hidrología, este problema no ocurre en los humedales de Tumilco. El mayor aporte de agua para estos ecosistemas proviene de precipitación pluvial y del escurrimiento continental, lo cual permite mantener un nivel de inundación continúo a lo largo de todo el año.

Para el agua del manto freático se evaluó la variable temperatura, su valor fue elevado con 38.39 ºC. Martínez (2013) obtuvo para esta misma variable un total de 29.1 ºC el cual fue menor al valor del presente estudio, influyendo las altas temperaturas registradas para el año pasado, o a que probablemente el agua del manto freático para el presente estudio se encontraba en un nivel superior a lo registrado por el otro estudio la cual pudo haber estado más abajo y como consecuencia su valor fue inferior, también pudo ocurrir que ambos resultados fueron registraron para una diferente estación del año. Otra variable analizada fue la conductividad eléctrica que en los humedales de Tumilco fue mayor en comparación a lo reportado por Flores *et al*. (2007) y Moreno-Casasola *et al*. (2010) para los humedales de Laguna La Mancha y planicie costera de Veracruz respectivamente. La conductividad eléctrica es mayor

cuando existe más temperatura en el agua, al registrarse en el humedal de Tumilco una mayor temperatura se obtuvo por consiguiente una conductividad eléctrica superior con respecto a los demás trabajos, los cuales registraron temperaturas inferiores.

La salinidad del agua del manto freático fue de 13.66 ups superior a los trabajos hechos por Martínez (2013), Flores *et al*. (2007) y Moreno-Casasola *et al*. (2010) donde sus valores fueron de 9, 0.8 y 5 ups. La alta salinidad se presentó en la época de secas donde el popal y tular se secó por un corto periodo de tiempo provocando que la sal se concentrara en el manto freático resultando un valor por encima a lo registrado por los otros autores que en sus evaluaciones no presentaron este problema de falta de agua dentro de los ecosistemas.

7.3 Determinación de los estadios fenológicos de las plantas hidrófitas

Los estudios fenológicos sobre plantas hidrófitas son poco explicados por medio de la redacción tanto a nivel nacional como internacional, la mayor parte de estudios están enfocados a especies forestales. Para plantas hidrófitas la fenología ha sido evaluada principalmente en especies que presentan una forma de vida conocida como enraizadas emergentes.

En la Laguna Alcázar San Juan España se evaluó la etapa de floración para la especie *Typha domingensis* la cual se presentó en los meses de junio a diciembre, por otra parte *Phragmites australis* floreció de julio a septiembre (Fuentes-Galán y Martínez-Gonzales, 2006), Ferrero-Soriano (2015) en el Lago Ifrah, Aoua en Marruecos determinó que *P. australis* florece durante los meses de junio y octubre y en Argentina *T. domingensis* lo hace de junio a julio

(Mufarrege, 2012). Para estudios nacionales Guerra-Martínez (2002) registró a *T. domingensis* la cual floreció en enero mientras que para Michoacán Escutia-Lara y Linding-Cisneros (2012) determinaron que *P. australis* presenta su floración de julio a septiembre. Lot *et al*. (2015) decretaron que *T. domingensis* florece durante todo el año y *P. australis* de octubre a diciembre, por otra parte Conabio (2009) menciona que la especie anteriormente mencionada florece de marzo a junio. En lo que respecta para el presente trabajo se determinó que *T. domingensis* floreció de febrero a abril y *P. australis* de marzo a mayo y de diciembre a enero. Como se puede notar la floración no coincide en cada uno de los estudios analizados, esto posiblemente se puede deber a las condiciones climáticas que se presentan en cada región o país las cuales no son iguales y de estas condiciones depende la floración de las especies. En los humedales de España y partes del territorio mexicano *T. domingensis* presentó por mayor tiempo su floración, tal vez esto indica que en dichos humedales la especie encuentra una mayor disponibilidad de agua, así como temperaturas favorables, una mejor adaptación al medio y mayor cantidad de recursos orgánicos, estos factores pueden llegar a ser indispensable para la floración de las plantas hidrófitas. Esta etapa resulta ser más corta cuando las especies se encuentran más cerca de los polos.

Para Argentina se determinó la floración de la especie *Phyla nodiflora* la cual presentó dicha etapa durante cuatro meses (diciembre a marzo) (Darío-Soria *et al*. 2007) mientras que Cabrera *et al.* (2013) determinaron que se presenta de agosto a septiembre. Para Nicaragua Alemán-Zeledón *et al.* (2012) observaron que *P. nodiflora* y *Cyperus articulatus* florecen durante todo el año, mientras que para el Cañón del Sumidero, Chiapas *C. articulatus* presenta dicha etapa

en agosto (Espinosa-Jiménez *et al*., 2011), en los pantanos de Centla *C. articulatus* tuvo una floración dispersa durante los meses de febrero, mayo, agosto y noviembre (Guerra-Martínez, 2002), para Pátzcuaro Michoacán *P. nodiflora* floreció en julio y octubre (Rzedowski y Calderón, 2002). En el presente trabajo *P. nodiflora* floreció de abril a junio, agosto a octubre y febrero, mientras que *C. articulatus* lo hizo de marzo a mayo, julio, noviembre y febrero.

En el humedal de Nicaragua se presentó por mayor tiempo la floración de las especies de los estudios anteriormente mencionados. Probablemente se deba a que en el dicho ecosistema se pudieron haber presentado mayores temperaturas lo cual tiene como consecuencia un alargamiento en la etapa de floración, además de que posiblemente se pueden encontrar una cantidad mayor de agentes polinizadores los cuales son indispensables para dicha etapa.

Sagittaria lancifolia es una especie que se encuentra presente en el ecosistema de popal, para el presente trabajo se determinó que su floración va de marzo a mayo y de julio a febrero. Stevens *et al.* (2002) registraron que esta especie florece durante todo el año en humedales de Nicaragua, mientras que Guerra-Martínez (2002) registró dicha etapa en mayo y noviembre para Tabasco mientras que en Pátzcuaro Michoacán florece durante todo el año (Novelo, 2003). Para los pantanos de Centla la floración de la especie fue más corta, tal vez se puede deber a que en dicho ecosistema se realizan incendios los cuales eliminan a la especie e impiden su desarrollo. Para el presente trabajo solo en un mes las flores de *S. lancifolia* fueron consumidas por insectos que se encontraron presentes en el humedal; para los humedales de Nicaragua y Michoacán la especie presentó durante todo el año sus flores, posiblemente se

deba a que no se presentan problemas como los anteriormente mencionados dentro de estos ecosistemas.

La fructificación es otra fase que forma parte de la fenología de las especies. Mufarrege (2012) determinó que la hidrófita *Typha domingensis* presento su fructificación en los meses de agosto y septiembre, esta misma especie pero estudiada en los pantanos de Centla registro dicha etapa en el mes de febrero (Guerra-Martínez, 2002), sin embargo Lot *et al.* (2015) registraron que *T. domingensis* fructifica durante todo el año y *Phragmites australis* en enero, por otra parte *P. australis* lo hace en el otoño que va de octubre a diciembre (CONABIO, 2009). Para el presente trabajo *T. domingensis* fructificó en mayo y junio y *P. australis* en mayo y noviembre. En ninguno de estos estudios coincide esta etapa debido a los cambios estacionales presentes en cada lugar o a variables que condicionan la vida de las especies, como la cantidad de luz recibida por las plantas y la precipitación.

Otras especies como *Phyla nodiflora*, *Cyperus articulatus* y *Sagittaria lancifolia* presentaron su fructificación de manera anual para los humedales de Nicaragua (Alemán-Zeledón *et al*., 2012; Stevens *et al*. 2002), para Tabasco la especie *C. articulatus* fructificó en febrero y noviembre y *S. lancifolia* lo hizo en mayo y noviembre (Guerra-Martínez, 2002). Lot *et al.* (2015) determinaron que *C. articulatus* presenta frutos de manera anual. En el presente trabajo *S. lancifolia* presentó su fructificación en tres periodos de marzo-mayo, julio-diciembre y en febrero, para *C. articulatus* y *P. nodiflora* no se obtuvieron datos de esta etapa. Las variación en la fructificación puede depender de la cantidad de recursos que requieran las plantas para su reproducción, los animales dispersores e incluso los predadores presentes para cada ecosistema de

humedal pueden ser por otra parte los encargados de determinar los periodos de fructificación de las plantas hidrófitas.

Mediante el análisis de correspondencia canónica se determinó la relación de las especies hidrófitas presentes en el popal y tular, con los sitios y variables fisicoquímicas. El resultado de este análisis determinó que en el eje uno, se encontró la mayoría de especies hidrófitas asociadas a tres variables fisicoquímicas, para el eje dos la inundación fue la variable que determinó la distribución de las especies correspondiente al ecosistemas de tular (Figura 9). De igual manera se pudo determinar cómo se distribuyen las especies de acuerdo a las variables fisicoquímicas presentes en el popal y tular.

8.- CONCLUSIONES

En este estudio se encontraron un total de 9 especies de plantas hidrófitas dentro del popal y tular de Tumilco.

El sitio con mayor riqueza y diversidad de plantas fue el tular con valores de 8 y 2.079 respectivamente. Las especies dominantes fueron *Typha domingensis* y *Phragmites australis* en el tular y *Eleocharis triangularis* en el popal, mientras las que se presentaron en ambos ecosistemas fueron *Bacopa monnieri* y *Cyperus articulatus*.

La temperatura para el agua superficial presentó una tendencia durante el muestreo, incrementándose en julio y disminuyendo para enero. La conductividad y los sólidos disueltos totales presentaron sus concentraciones máximas en el ecosistema de popal.

La salinidad tuvo valores bajos, el valor máximo fue se presentó en mayo, a partir de julio en adelante disminuyó debido a que el agua dulce en estos ecosistemas proviene del drenaje terrestre.

El potencial de óxido-reducción presentó su concentración máxima mV en el tular y el porcentaje de oxígeno más alto fue registrado para el popal.

El nivel de inundación siguió el patrón de lluvias en el periodo de muestreo, por lo que en noviembre los valores fueron más altos ya que se presentó la mayor precipitación.

Para las variables del manto freático, el oxígeno disuelto presentó una mayor concentración en el tular, mientras que la temperatura y la conductividad estuvieron restringidas al popal donde se presentaron los valores máximos. Los

valores máximos en la concentración de sólidos disueltos totales y la salinidad se presentaron abril.

El potencial oxido-reducción y el porcentaje de oxígeno alcanzaron sus valores máximos en el popal, para la profundidad del manto freático se registró la máxima con 116 cm la cual se registró en la época de secas (agosto) del sitio de estudio.

Los periodos fenológicos llegan a cambiar en una misma región o incluso localidad ya que dependen de las condiciones climáticas que estén presentes. La floración y fructificación pudo llegar a estar determinada por diferentes factores tanto bióticos como abióticos como, temperatura, precipitación, competencia entre especies, polinización y la dispersión de semillas. *Sagittaria lancifolia* presentó flores y frutos durante casi todo el año.

Con el análisis de correspondencia canónica se observó que en el eje uno se presentaron la mayor cantidad de especies hidrófitas, para el eje uno y dos ambos presentaron un total de cuatro variables fisicoquímicas. El eje uno fue estrictamente para el ecosistema de popal y el eje dos para el tular.

9.- APLICACIÓN PRÁCTICA

Este trabajo de investigación se hizo con la finalidad de conocer las condiciones en las que se encuentran los ecosistemas de popal y tular de la localidad de Tumilco municipio de Tuxpan, Veracruz.

Es importante transmitir el conocimiento de los resultados encontrados en estos humedales, mediante pláticas en las reuniones ejidales a las personas de la localidad de Tumilco municipio de Tuxpan y tratar de involucrar a otras asociaciones gubernamentales o de carácter particular como: API Tuxpan o la termoeléctrica Adolfo López Mateos entre otras, estas empresas buscan el cuidado del ambiente. Con esto se puede crear conciencia sobre la importancia que tienen los ecosistemas de popal y tular.

Explicar mediante algunos medios de comunicación como la radio, televisión e internet las características y la importancia de estos ecosistemas con el propósito de que las instituciones educativas desde el nivel básico al superior tengan información actualizada y accesible sobre los recursos naturales que se presentan dentro del municipio e incluso proporcionar esta información para que forme parte del plan municipal de desarrollo de Tuxpan, Veracruz.

Fomentar la importancia de los servicios ambientales que prestan estos ecosistemas a la comunidad local y a todo el municipio, ya que algunos servicios proporcionan beneficios económicos para las personas y con ello se llega a obtener una sustentabilidad social y ambiental, así mismo se puede evitar la degradación de estos ecosistemas.

Con los datos obtenidos de las características de estos ecosistemas y al ser sitios conservados se puede utilizar esta información como un punto básico para la realización de futuras investigaciones enfocadas principalmente a la conservación de los ecosistemas de popal y tular. También puede ser tomada para la implementación de programas de restauración así como de conservación y mantenimiento para humedales de agua dulce.

Con los datos de fenología de las especies, su puede llegar a comparar futuras investigaciones de este tipo de plantas además de determinar si estos cambios biológicos tiene relación con otras variables ambientales, además se puede dar paso a la expansión de la investigación científica sobre de los ciclos biológicos que presentan las plantas hidrófitas y utilizar este conocimiento para proyectos de restauración y para tratamiento de aguas residuales.

10.- BIBLIOGRAFÍA

Alemán-Zeledón, F., J. B. Quezada-Bonilla y M. Garmendia-Zapata. 2012. Flora arvense y ruderal del pacífico y centro de Nicaragua. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 272 pp.

Alvares, J. A. y E. Becares. 2006. El papel de la vegetación en humedales construidos para el tratamiento de aguas residuales. Instituto de Medio Ambiente (IMA). España. 8 pp

Challenger, A y J. Soberón. 2008. Los ecosistemas terrestres, en capital natural de México. Vol. I: conocimiento actual de la biodiversidad. CONABIO. México. 87-108 pp.

Cabrera, M., A. Andrada y L. Gallez. 2013. Floración de especies con potencial apícola en el bosque nativo formoseño. Distrito chaqueño oriental (Argentina). Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica **48 (3-4):** 477-491.

Chapman, D y V. Kimtsach. 1992. Selection of water quality variables. En: D. Chapman (ed.). Water quality assessments. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, World Health Organization, United Nations Environment Programme, E. and FN. Spon. London. 59-126 pp.

CONABIO. 2009. [Actualizado al 23 de diciembre]. Página electrónica (http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/typhaceae/typha-domingensis/fichas/ficha.htm)

CONACyT-CONAGUA. 2011. Humedal Tembladeras. Fondo sectorial de investigación y desarrollo sobre el agua. México D.F. 56 pp.

Cruz-Lucas, M. A. 2010. Topografía y factores ambientales relacionados a las comunidades vegetales en un humedal. Tesis de maestría. Universidad Veracruzana. Tuxpan, Veracruz. México.

Cupil, D. A. 2015. Calidad del agua mediante el análisis fisicoquímico, demanda bioquímica y química de oxígeno en los humedales de Tumilco, Veracruz, México. Tesis de especialidad. Universidad Veracruzana. Tuxpan, Veracruz. México.

Curt-Fernández, M. D. 2003. Macrófitas de interés en fitodepuración. pp. 91-105. *En*: Manual de fitodepuración, filtros de macrófitas en flotación. Proyecto LIFE (ed.). Ed. EDITA, Madrid, España.

Darío-Soria, N., M. A. Salomón, C. Rubio y R. Fernández. 2007. Herbario digital Secano De Lavalle. LADyOT-IADIZA-CRICYT. Mendoza, Argentina. 93 pp.

Escutia-Lara, Y y R. A. Linding-Cisneros. 2012. Dinámica de *Phragmites australis* y *Schoenoplectus americanus* en respuesta a la adición de fósforo y nitrógeno en humedales experimentales. Botanical Science: **90 (4)**: 459-467.

Espinosa-Jiménez, J. A., M. A. Pérez-Farrera y R. Martínez-Camilo. 2011. Inventario florístico del parque nacional Cañón del Sumidero, Chiapas, México. Boletín de la Sociedad Botánica de México **89**: 37-82.

Ferrero-Soriano, R. 2015. Flora y vegetación lacustre del altiplano del atlas medio (región de Ifrane, Marruecos). Tesis de ingeniería. Universidad politécnica de Valencia. Valencia, España.

Figueroa, R., M. l. Suárez, A. Andreu, V. H. Ruiz y M. R. Vidal-Abarca. 2009. Caracterización ecológica de humedales de la zona semiárida en Chile central. Gayana (Concepción) **73 (1)**: 76-94.

Flores, V. F., P. M. Casasola, A. Hernández, C. Maricusa, H. L. Rosas y A. C. T. Bello. 2007. La topografía y el hidroperiodo: dos factores que condicionan la restauración de los humedales costeros. Sociedad Botánica de México. 33-47 pp

Fuentes-Galán, M. y R. Martínez-González. 2006. Guía botánica complejo Lagunar Alcázar de San Juan. Ayuntamiento de Alcázar San Juan. Ciudad Real, España. 64 pp.

Guerra-Martínez, A. S. 2002. Efecto del fuego sobre la vegetación acuática vascular herbácea en los pantanos de Centla Tabasco. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Metropolitana. Iztapalapa, México.

Gutiérrez-Báez, C. 2010. Lista de especies de plantas acuáticas vasculares de la península de Yucatán, México. Polibotánica **21**: 75-87.

Hauenstein, E., M. González, F. Peña-Cortes y A. Muñoz-Pedreros. 2002. Clasificación y caracterización de la flora y vegetación de los humedales de la costa de Tolten (IX región, Chile). Gayana botánica **59 (2)**: 87-100.

IBM Corp, Released. 2010. IBM SPSS Statistics for Windows, versión 19.0. Armonk, NY: IBM Corp

INEGI, 2001. Tuxpan, Estado de Veracruz. Cuaderno Estadístico Municipal. Gobierno del Estado de Veracruz e Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática. México. 180 pp.

Infante-Mata, D., L. A. Peralta-Peláez y A. A. Arrocha. 2009. Obtención de datos de salinidad, conductividad y pH del agua. Breviario para describir, observar y manejar humedales. Serie Costa sustentable, Instituto de Ecología A.C. 31-42 pp.

Lot, A. 1991. Flora y vegetación de las zonas acuáticas de Veracruz. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias. UNAM, México, D.F.

Lot, A. 2012. Las monocotiledóneas acuáticas y subacuáticas de México. Acta Botánica Mexicana **100**: 135-148.

Lot, A., M. Olvera., C. Flores y A. Díaz. 2015. Guía ilustrada de campo, plantas indicadoras de humedales. Universidad Nacional Autónoma de México. México, Distrito Federal. 124 pp.

Lyon, J. G. 1993. Practical handbook for wetland identification and delineation. Lewis publishers. Boca Raton and Harbor London Tokyo. 157 pp.

Martinez, P. R. 2013. Características fisicoquímicas del agua superficial y del manto freático en los humedales de Tumilco, Tuxpan Veracruz. Tesis de licenciatura. Universidad Veracruzana. Tuxpan, Veracruz. México

MEA. 2005. Millenium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human well-being. Synthesis. Island press, Washington D.C.

Mitsch, W. J y J. G. Gosselink. 2007. Wetlands. Jonh Wiley and Sons Inc. New York., United States of America. 582 pp.

Mora-Olivo, A., J. L. Villaseñor y M. Martínez. 2013. Las plantas vasculares acuáticas estrictas y su conservación en México. Acta Botánica Mexicana **103**: 27-63.

Moreno-Casasola, P., E. Cejudo-Espinosa, A. Capistrán-Barradas, D. Infante-Mata, H. López-Rosas, G. Castillo-Campos, J. Pale-Pale y A. Campos-Cascaredo. 2010. Composición florística, diversidad y ecología de humedales herbáceos emergentes en la planicie costera central de Veracruz, México. Boletín de la Sociedad Botánica de México **87**: 29-50.

Moreno-Casasola, P. y D. Infante-Mata. 2010. Veracruz tierra de ciénagas y pantanos. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Veracruz. 411 pp.

Moreno-Casasola, P. y H. López-Rosas. 2009. Muestreo y análisis de la vegetación de humedales. Breviario para describir, observar y manejar humedales. INSTITUTO DE ECOLOGIA A.C. Serie costa sustentable. **1**: 406 pp.

Mufarrege, M. M. 2012. Tolerancia y eficiencia de *Typha domingensis* Pers. En la retención de metales y nutrientes de efluentes industriales. Tesis de doctorado. Universidad Nacional del Litoral. Santa Fe, Argentina.

Novelo, A. 2003. Flora del bajío y regiones adyacentes. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 23 pp.

Palma-López. D. J., C. J. V. Navarrete, E. E. M. Zayas, A. L. Castañeda, M. A. M. Garduza, R. C. Pascual, J. C. Hernández y D. Y. P. Cancino. 2011. Zonificación de ecosistemas y agro ecosistemas susceptibles de recibir pagos por servicios ambientales en la Chontalpa, Tabasco. Secretaria de Recursos Naturales y Protección Ambiental. Tabasco, México. 164 pp

Palomino, C. D, y C. C. Cabrera. 2008. Estimación del servicio ambiental de captura de CO_2 en la flora de los humedales de Puerto Viejo. Revista del instituto de investigaciones FIGMMG **10 (20)**: 49-59.

Peralta-Peláez, L. A., D. Infante-Mata y P. Moreno-Casasola. 2009. Construcción e instalación de piezómetros. Breviario para describir, observar y manejar humedales. Serie Costa sustentable, Instituto de Ecología A.C. 18-29 pp.

Peralta-Peláez, L. A. y P. Moreno-Casasola. 2009. Composición florística y diversidad de la vegetación de humedales en los lagos interdunarios de Veracruz. Boletín de la sociedad botánica de México **85**: 89-101.

Ramírez, N. 2009. Correlaciones entre la fenología reproductiva de la vegetación y variables climáticas en los altos llanos centrales venezolanos. Acta Botánica Venezuelica **32 (2)**: 333-362.

Ramírez, W. D., H. Aponte y A. Cano. 2010. Flora vascular y vegetación del humedal de Santa Rosa (Chancay, Lima). Revista Peruana de Biología **17 (1)**: 105-110.

Robledo, R. A. 2010. Análisis de los servicios de mitigación de impactos por tormentas y huracanes que proporcionan los humedales de Ciénega del Fuerte para Tecolutla, Veracruz. Tesis de maestría. Universidad Veracruzana. México.

Rossalino-Jiménez, M. B. 2012. Caracterización física y química del suelo en los humedales de Tumilco, municipio de Tuxpan, Veracruz. Tesis de licenciatura. Universidad Veracruzana. Tuxpan, Veracruz. México

Rzedowski, J. y G. Calderón de Rzedowski. 2002. Flora del bajío y regiones adyacentes. Instituto de Ecología, A.C. Pátzcuaro, Michoacán. 145 pp.

Sánchez, P. J. A., B. Tershy y J. L. Aguilar. 2000. Acciones de conservación de las islas de México. Gaceta ecológica **56**: 41-45.

Sánchez-Reyes, V., C. Zepeda-Gómez, F. J. Manjarrez-Silva y L. White-Olascoaga. 2012. Efecto del nivel de agua sobre el tamaño y biomasa foliar de *Sagittaria macrophylla* (ALISMATACEAE). Interciencia **37 (10)**: 775-781

StatSoft, Inc. 2004. STATISTICA (data analysis software system), version 7. WEB: www.statsoft.com

Stevens, W. D., C. Ulloa., A. Pool y O.M. Montiel. 2001. Flora de Nicaragua. Missouri Botanical Press. St. Louis, Missouri. 48. 2556 pp.

Vázquez, T. M. 1998. Biodiversidad y problemática en el humedal de Alvarado, Veracruz, México. Conabio. Xalapa, Veracruz. 454 pp

Westhoff, V. y E. van der Maarel. 1978. The Braun Blanquet approach. R.H. Whittaker (ed) Classification of Plant Communities. Pp. 287-399. Junk The Hague.

Zepeda-Gómez, C., A. Lot-Helgueras., X. A. Nemiga y D. Madrigal-Uribe. 2012. Florística y diversidad de las Ciénegas del rio Lerma estado de México, México. Acta Botánica Mexicana **98**: 23-49.

11.- ANEXOS

Gráficos correspondientes a variables fisicoquímicas del agua del manto freático (oxígeno disuelto, potencial oxido reducción y porcentaje de oxígeno).

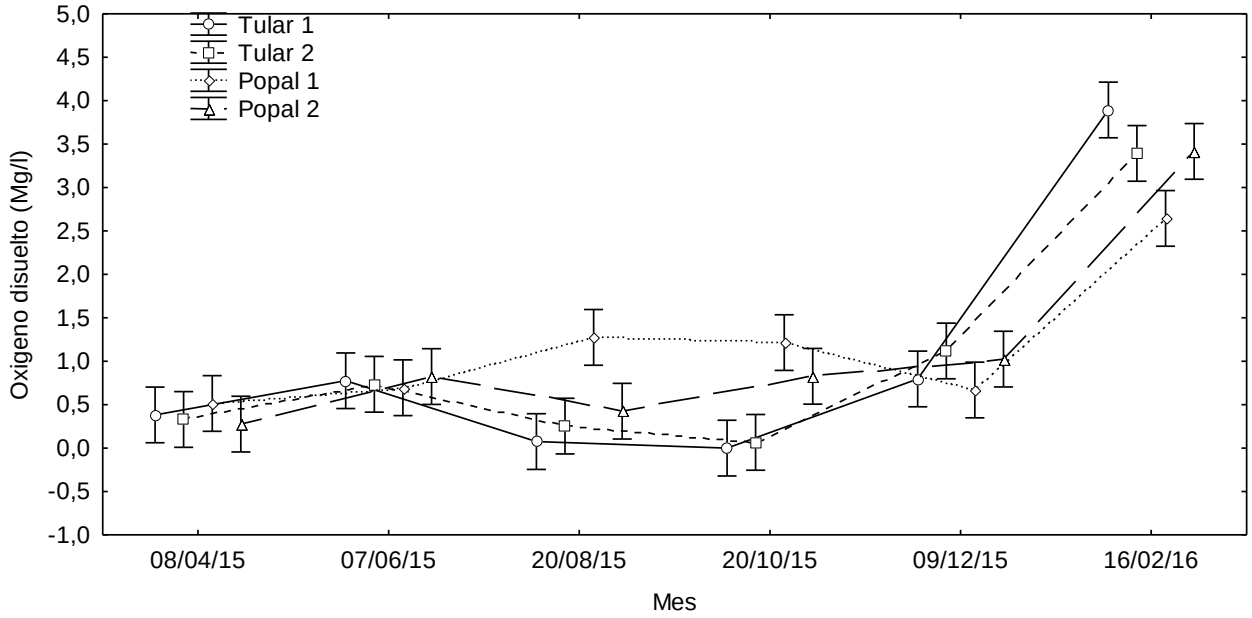

Figura 10. Valores promedio de oxígeno disuelto mg/L por meses de muestreo

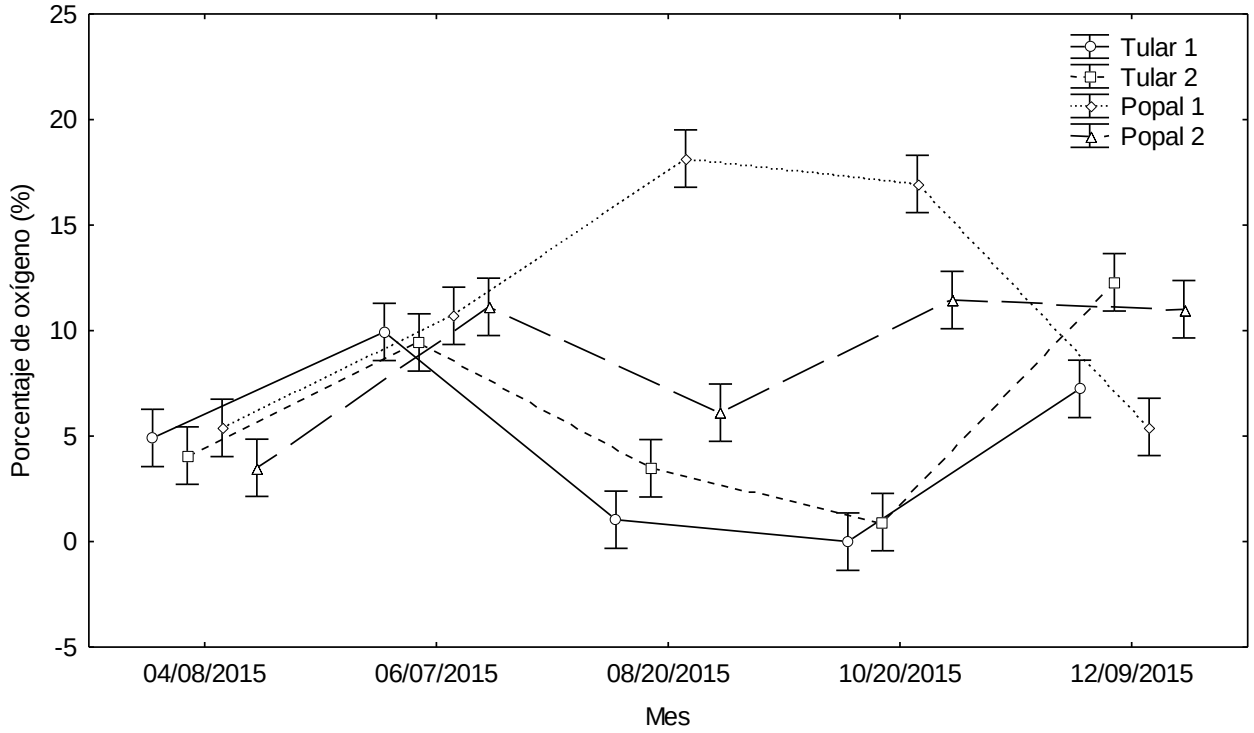

Figura 11. Valores promedio de porcentaje de porcentaje de saturación de oxigeno por meses y sitios de muestreo.

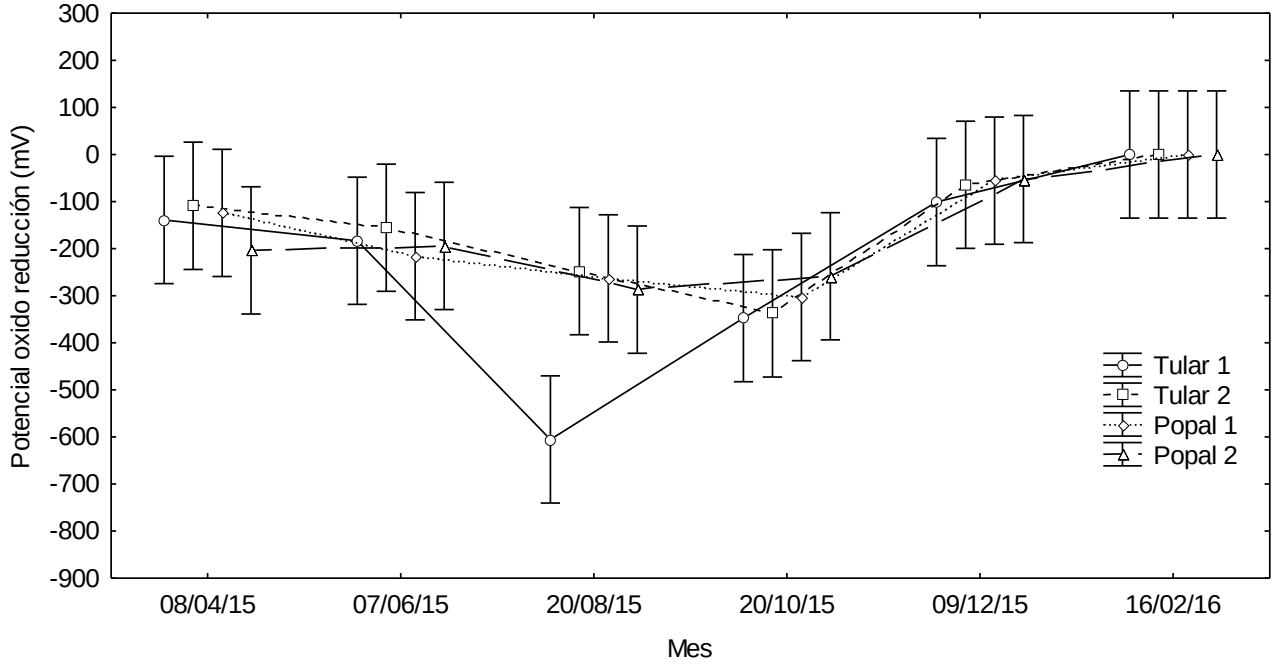

Figura 12. Valores promedio de potencial oxido reducción.