UNIVERSIDAD VERACRUZANA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

Campus Tuxpan

Maestría en Ciencias del Ambiente

“Distribución de los tipos de vegetación herbácea en los humedales de Tumilco perteneciente al sitio RAMSAR 1602”

TESIS

Que para obtener el título de:

MAESTRA EN CIENCIAS DEL AMBIENTE

P R E S E N T A:

Ing. Ambiental Isis Guadalupe Herrera Salas

Director:
Dr. Noé Velázquez Rosas

Co-Director:
Dr. Ascención Capistrán Barradas

Tuxpan, Veracruz 2017

Dr. José Luis Alanís Méndez
Coordinador de la Maestría en Ciencias del Ambiente

Tuxpan de Rodríguez Cano, Veracruz., a 11 de Septiembre de 2011

El presente trabajo de intervención titulado: **"Distribución de los tipos de vegetación herbácea en los humedales de Tumilco perteneciente al sitio RAMSAR 1602",** realizado por la Ing. Ambiental Isis Guadalupe Herrera Salas bajo la Dirección del Dr. Noé Velázquez Rosas y co-Dirección del Dr. Ascención Capistrán Barradas, ha sido revisada y aprobada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS DEL AMBIENTE

Dr. Noé Velázquez Rosas
DIRECTOR

Dr. Ascención Capistrán Barradas
CODIRECTOR

Universidad Veracruzana

UNIVERSIDAD VERACRUZANA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

MAESTRÍA EN CIENCIAS DEL AMBIENTE

Revisión del Trabajo de Intervención de la alumna: **Ing. Ambiental Isis Guadalupe Herrera Salas**

JURADO EXAMINADOR

NOMBRE	FECHA	DICTAMEN	FIRMA
Celina Naval Avila	5/09/2017	Aprobado	Celina Naval
Ivette Duran Hernández F.	11/09/2017	Aprobado	
Consuelo Domínguez Barradas	11/IX/17	Aprobado	

En la presente revisión se acordó que el Trabajo de Intervención denominado "Distribución de los tipos de vegetación herbácea en los humedales de Tumilco perteneciente al sitio RAMSAR 1602" que presenta la sustentante para obtener el Grado de Maestra, está terminado por lo que puede proceder a su inmediata impresión.

AGRADECIMIENTOS

Al CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGIA (CONACYT) por la beca económica núm. **435140** sin la cual no hubiera sido posible realizar este estudio.

A mi director y co director de tesis Dr. Noé Velázquez Rosas y Dr. Ascención Capistrán Barradas por todo el tiempo brindado, su apoyo para la realización del presente trabajo y por compartir sus conocimientos.

A la Dra. Ivette Alicia Chamorro Florescano, Dra. Celina Naval Ávila y Dra. Consuelo Domínguez Barradas, por sus observaciones e ideas las cuales ayudaron a mejorar el trabajo profesional.

A los ejidatarios de la comunidad Cerro de Tumilco, por permitirme trabajar dentro de sus terrenos.

Al M.C.A. Fidel García Falcón, por apoyarme en la revisión e identificación de especies vegetales.

A mi tío, M.C. Mario Abraham Salas Aquino, quien me impulsó a seguir superándome académicamente y quien participó en la ejecución inicial de mi trabajo práctico.

A mis maestros, compañeros, mi familia, por cada valioso aporte que me hicieron para la mejoría de mi trabajo.

DEDICATORIA

A mi papá, Sr. Eduardo Herrera Romero, quien me acompañó en todo momento a realizar mis trabajos en campo, compañero de aventuras, quien me enseño a apreciar las pequeñas cosas que nos brinda la naturaleza.

A mi madre, Sra. Chanel Salas Aquino, por alentarme a seguir superándome, por aguantar mis bipolaridades, por regañarme cuando lo merecía, por todos tus consejos, porque siempre me hechas porras en todos mis logros y siempre me acompañas y alientas en los altibajos, te amo.

A mi hermano. M.C. Iván Eduardo Herrera Salas, mi ejemplo a seguir, me enseñaste que para tener éxito en la vida nunca debes *quitar el dedo del renglón*. Mi compañero de pláticas por las madrugadas cuando me dedicaba a redactar el trabajo de tesis y quien siempre ha estado ahí para mí cada vez que lo necesito.

A mi abuelo (†) Pedro Herrera Ramírez, porque te prometí que los logros que obtuviera serían para y por ti. Porque tú me enseñaste a valorar la tierra, la vida, me mostraste al igual que mi padre el lado amable de la naturaleza. Te extraño, te amo.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN 1

II. ANTECEDENTES 4

2.1 Definición de humedales 4

2.2 Tipos y distribución de humedales 7

2.3 Servicios ambientales, económicos y sociales 10

2.4 Destrucción de humedales 12

2.5 Valoración socioeconómica de los humedales 14

III. OBJETIVOS 16

3.1 Objetivo general 16

3.2 Objetivos específicos 16

IV. ÁREA DE ESTUDIO 17

V. MATERIAL Y MÉTODOS 20

VI. RESULTADOS 27

VII. DISCUSIÓN 38

7.1 Riqueza y diversidad encontrada en Tumilco, Veracruz 38

7.2 Análisis de los parámetros fisicoquímicos en los humedales herbáceos de Tumilco, Veracruz 41

VIII. CONCLUSIONES 47

IX.APLICACIÓN PRÁCTICA 49

X. BIBLIOGRAFÍA 52

XI. CALENDARIO DE ACTIVIDADES.....66

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Localización geográfica de los cuadrantes de muestreo. 20

Cuadro 2. Escala Westhoff y van der Maarel (1978). 22

Cuadro 3. Lista de especies registradas en los humedales herbáceos de Tumilco, Veracruz. 26

Cuadro 4. Porcentajes de coberturas relativas de las especies registradas en los humedales herbáceos –en las dos temporadas de estudio-. 29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 1. Mapa de ubicación del área de estudio. 17

Figura. 2. Grupos de vegetación según el análisis cluster en el que se agrupan las estaciones de acuerdo a las especies de plantas que comparten. 27

Figura. 3. Valores de riqueza (S) en los humedales de Tumilco para épocas de lluvias y secas. 30

Figura. 4. (a) Diversidad (índice de Shannon) y (b) equitatividad de especies en los humedales de Tumilco en temporada de lluvias y secas. 31

Figura. 5. Parámetros fisicoquímicos, a) Variación temporal de salinidad, b) pH , c) porcentaje de saturación de oxígeno, d) oxígeno disuelto, e) temperatura, f) conductividad y g) sólidos disueltos totales, medidos en los humedales de Tumilco, Veracruz. 32

Figura. 6. Variación del agua de manto freático y agua superficial a lo largo de los meses de muestreo en los humedales de Tumilco, Ver. 35

Figura. 7. Análisis de Correlación Canónica entre los parámetros fisicoquímicos y especies de plantas durante el periodo de muestreo Mayo 2016-Abril 2017. 36

RESUMEN

Un humedal es aquel ecosistema que se encuentra parcial o temporalmente inundados; entre éstos ecosistemas se encuentran el popal y tular. El objetivo del presente trabajo fue analizar la diversidad, estructura y factores ambientales que influyen en la distribución espacial de los humedales herbáceos en Tumilco, perteneciente al sitio RAMSAR 1602. Para lograr el objetivo se realizaron observaciones y recolecciones *in situ* en cuadrantes de 2m x 2m dentro de un área de 9863m², se utilizó la escala de Westoff y van der Maarel (1978), además de que se utilizó una sonda multiparamétrica y se colocaron 32 piezómetros para el análisis del agua en los humedales. La riqueza total fue de 12 especies, abundando *Typha domingensis*, *Eleocharis triangularis* y *Phragmites australis*. La temperatura máxima registrada fue de 29.7°C, la salinidad promedio fue de 8.89 ppm, encontramos valores de oxígeno disuelto de 7.82 mg/l y un porcentaje de saturación de oxígeno de 59.77%, además encontramos valores de conductividad de 13.93 µ/S y valores de 7.81 mg/l en sólidos disueltos totales, mencionando que se presentó un nivel de inundación máximo de 55.4cm. Los análisis de los parámetros fisicoquímicos confirman que los humedales de Tumilco son salobres, cuya composición florística está representada por especies de vegetación herbácea capaz de sobrevivir a niveles de salinidad dulce, salobre y salada y bajo niveles variables de inundación.

Palabras clave: humedal, tular, popal, fisicoquímicos

I. INTRODUCCIÓN

La Convención Ramsar celebrada en 1971 define un humedal como extensiones de pantanos, marismas y turberas, sean estas de régimen natural o artificial, permanente o temporal, estancado o corriente, dulce, salobre o salado, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros (Ramsar, 1971). En ésta Convención, México ocupa el segundo lugar en la lista de Sitios Ramsar y humedales de importancia internacional al registrar a la fecha 142 sitios inscritos en una superficie de 8,643,580 hectáreas (CONAGUA, 2012).

Los humedales son considerados los riñones del planeta por su capacidad de purificación del agua, además de que mantienen la biodiversidad, nos protegen ante inundaciones, almacenan dióxido de carbono y proporcionan a la sociedad fuentes de turismo e ingresos económicos, sin embargo, a pesar de su importancia, en México y en muchos otros países, se consideran ecosistemas subvalorados y poco estudiados; incluyen desde las lagunas costeras, marismas, manglares, humedales herbáceos (popales, tulares, carrizales, vegetación flotante y sumergida), palmares y selvas inundables (Banda-Márquez, 2011).

Éstos ecosistemas son afectados por diversas amenazas como: la transformación, pérdida y deterioro de sus hábitats, especies invasoras, etc.; se han alterado sus hidroperiodos al drenarlos o bien se han usado como potreros para ganado, introduciendo especies de pastos exóticos que toleran la inundación y van remplazando a la vegetación nativa (Orozco-Segovia y Lot-Helgueras, 1976; Travieso–Bello *et al.*, 2005; López-Rosas, 2007).

La gran variabilidad de humedales, aunado a las amenazas a los que se enfrentan los mismos, hace indispensable la necesidad de recabar más información sobre la caracterización ambiental y florística de los humedales mexicanos (Moreno-Casasola y Warner, 2009) enriqueciendo información existente y proporcionando reseñas nuevas a las bases de datos que se tienen, aunado a la creación de programas destinados a proteger éstas áreas por los servicios ambientales que proporciona a la sociedad.

Tan solo al norte del estado de Veracruz, la vegetación de los humedales pertenecientes al sitio RAMSAR 1602 se han visto afectados debido a impactos negativos por yacimientos de petróleo, azolvamientos y actividades de la termoeléctrica de la CFE (Botello *et al.,* 2006) Como resultado de estas amenazas se registran cambios en su riqueza, composición, estructura, distribución y procesos ecosistémicos (Collins *et al*., 2001) y al registrarse estos cambios la capacidad de regulación, protección de inundaciones así como el mantenimiento

de la calidad del agua disminuye (Instituto de Política Medioambiental Europea, 2013).

Por lo anterior, el presente tema de investigación se enfoca a realizar estudios en humedales herbáceos, estimar la cobertura, riqueza y diversidad y cómo algunos factores fisicoquímicos y ambientales pueden llegar a afectar su presencia dentro de Tumilco, Veracruz, perteneciente al sitio RAMSAR 1602, contribuyendo a los esfuerzos de investigación realizados en el estado por Moreno-Casasola *et al.,* (2010) el cual busca la conservación de éstos ecosistemas, por el alto número de plantas hidrófitas (145 especies) registradas para el estado de Veracruz sobre el resto de la República, aunado a la importancia económica, ambiental y social que conlleva la conservación de éstos sitios.

II. ANTECEDENTES

2.1 Definición de humedales

No existe precisión en cuanto al término de humedal; sin embargo, la mayoría coincide al hacer referencia a que son sitios inundables con presencia de vegetación hidrófita. La definición oficial es aquella proporcionada por la Convención Ramsar en 1971, la cual define a los humedales como extensiones de marismas, pantanos o turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean estas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros. A partir de aquí, muchos autores han ido articulando la definición con base a su experiencia e investigaciones, y al igual que muchos términos, humedal tiene una amplia gama de definiciones. Dugan (1992) define al humedal como una gama de hábitats interiores, costeros y marinos que comparten ciertas características y hace mención que existen muchas definiciones de las cuales la más amplia es la difundida por la Convención Ramsar. Otra definición relevante es la proporcionada por Lefeuvre *et al*., (2003): consideran a los humedales como ecosistemas complejos que actúan como interface entre hábitats terrestres y acuáticos. Euliss *et al.,* (2004), reconoce que fungen como zonas de anidación para aves, reclutamiento de invertebrados y peces. De acuerdo a Mitsch y Gosselink (2000),

para que se pueda hacer uso del término humedal, este espacio debe presentar una lámina o capa de agua poco profunda o agua subterránea próxima a la superficie del terreno, ya sea permanente o temporal; que al menos periódicamente el terreno debe mantener predominantemente una vegetación acuática o hidrófita y que su suelo o sustrato debe ser fundamentalmente hidromórfico, no drenado. La Ley de Aguas Nacionales, en su última reforma publicada el 24 de marzo de 2016, define al humedal como zonas de transición entre los sistemas acuáticos y terrestres que constituyen áreas de inundación temporal o permanente, sujetas o no a la influencia de mareas, como pantanos, ciénagas y marismas, cuyos límites los constituyen el tipo de vegetación hidrófila de presencia permanente o estacional; las áreas en donde el suelo es predominantemente hídrico; y las áreas lacustres o de suelos permanentemente húmedos por la descarga natural de acuíferos.

Particularmente, la definición de la Ley de Aguas Nacionales es la más completa, porque además de mencionar que el humedal es una zona de transición entre ecosistemas terrestres y acuáticos, describe que una de las características que destacan a los humedales es la presencia de vegetación hidrófila en suelos de régimen hídrico, coincidiendo en estos últimos dos aspectos con la definición de Mitsch y Gosselink (2000).

Teniendo clara la definición de un humedal en general, procedemos a definir un humedal herbáceo, el cual se establece como aquel ecosistema que comparte

sitio con presencia de plantas acuáticas flotantes que no tienen ningún anclaje al suelo (entre las que destacan *Lemna spp.*, *Eichhornia crassipes* y *Pistia stratiotes)*, con vegetación herbácea enraizada en el fondo de aguas estancadas (como *Nymphaea ampla, Nymphoides indica*), vegetación sumergida (*Cabomba, Vallinisneria,* etc.), herbácea sumergida enraizada (*Halodule wrightii, Thalassia testudinum, Halophila deciíens y Zostera marina*), y con vegetación de herbáceas emergentes en aguas estancadas o de poca corriente, o por lo menos con suelos húmedos en la orilla de cuerpos de agua de mayor profundidad en la que se distinguen dos comunidades: popal y tular (Moreno-Casasola, 2006). Un popal a su vez, se define como una comunidad vegetal que cubre superficies pantanosas o de agua dulce permanentemente estancada, de 0.5 a 1.5 metros, de profundidad con vegetación herbácea de 1 a 3 metros de alto, cuyas hojas grandes y anchas de color verde claro forman una masa densa que apenas permite ver el agua, dominada por las familias *Pontederiaceae* y *Nymphaceae*, mientras que un tular es aquel compuesto de plantas de 1 a 3 metros de alto, de hojas largas y angostas que se hallan arraigadas al fondo del cuerpo de agua, el cual es de corriente lenta, de agua dulce o salobre, donde dominan las asociaciones de *Typha spp., Scirpus spp.* y *Cyperus spp.* (Ellis y Martínez-Bello, 2010).

A partir de la definición del humedal herbáceo, así como de algunas de las comunidades en particular que puede englobar, se continúa ampliando información sobre los tipos de humedales que existen y su distribución.

2.2 Tipos y distribución de humedales

La clasificación de humedales se ha gestado con dificultad, debido en parte a la enorme variedad de tipos de humedales y a su carácter altamente dinámico, por la dificultad de definir sus límites con cierta precisión. Para los humedales de México en su conjunto, uno de los primeros intentos por adecuar la clasificación de Cowardin *et al.,* (1979) fue realizada por Olmsted (1993) quien incluyó a los sistemas fluviales en las categorías de estuarios y palustres por no contar con la información suficiente para identificar estos ambientes dentro del esquema de los autores estadounidenses, reconociendo cinco sistemas principales de humedales: marinos, estuarinos, lacustres, palustres y ribereños; dentro del sistema marino encontramos a los humedales costeros, incluyendo costas rocosas y arrecifes de coral; En el sistema estuarino tenemos a los deltas, marismas, pantanos de manglar; Para el sistema lacustre tenemos a los humedales desarrollados principalmente sobre la línea de costa y los márgenes de cuerpos de agua dentro de los cuales encontramos al popal, tular, tintales, carrizales y vegetación mixta de bosques y selvas; El sistema palustre abarca lodazales, marismas, pantanos y Ciénegas, finalmente los sistemas ribereños abarcan humedales adyacentes a ríos y arroyos.

Existen humedales en todas partes, desde la tundra hasta el trópico más no se sabe con exactitud qué porcentaje de la superficie terrestre componen. Aun teniendo cerca de 2200 sitios ramsar establecidos, faltan muchas más zonas por

agregar (Ramsar, 2015). En Europa uno de los humedales más extensos e importantes es el situado en Andalucía entre las provincias de Huelva y Sevilla, donde los tipos de vegetación encontrada varían desde vegetación de dunas y halófila costera (*Astydamia latifolia*, *Coccoloba uvifera*, etc.) hasta vegetación hidrófila encontrada en comunidades de popal y tular, las cuales presentan especies herbáceas como *Cyperus spp*., *Nymphaea* y *Nymphoides*; en estos humedales la composición florística se ve comprometida por actividades antropogénicas que reducen extensiones de humedales para la colocación de hortalizas (Lendinez *et al*., 2011). Mencionemos África para el sitio Ramsar 1018, tercer sitio más extenso del continente, posee variados ecosistemas que comprende bosques de pantano (*Mitragyna inermis , Raphia hookeri*), praderas inundadas de *P. australis* y *Typha Paspalum vaginatum* , y la vegetación flotante dominado por el jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) aunado a las plantaciones y los manglares (*Rhizophora racemosa*) que lo hacen objeto fuerte de actividades económicas para la zona costera entre la capital de Cotonou y Porto Novo y que están en riesgo de conservación por las mismas actividades –principalmente el turismo- y el desconocimiento de la población ante los beneficios ambientales que generan (Ikuska, 2013).

Los humedales herbáceos en América se encuentran distribuidos desde el sur de Estados Unidos hasta Sudamérica, publicándose algunos reportes sobre los mismos en la Costa Este y en el Delta del río Mississippi; Aquí la vegetación se compone principalmente de especies de *Sagittaria lancifolia, Panicum hemitomum,*

Zizaniopsis miliacea, Hydrocotyle spp., Pontederia cordata y *Eleocharis spp.* (Shiflet, 1963; Vissier *et al*., 1998). En los Everglades de Florida (Parque Nacional de los Everglades, Florida, E.U.A.) se tienen reportes de humedales herbáceos de agua dulce dominados por *Cladium jamaicense* y *Typha domingensis* (Lagerwall *et al.,* 2017). En Centroamérica, Ellison (2004) menciona que los humedales con influencia salobre y niveles de inundación variables presentan herbáceas emergentes con presencia de especies como *Sagittaria lancifolia, S. latifolia, Thalia geniculata, T. trichocalyx, Pontederia cordata, Phragmites australis, Typha angustifolia, T. domingensis, T. latifolia*, así como varias especies de *Cyperaceae* y *Poaceae*. Farruggia *et al.,* (2008) describe las sabanas inundables de Belice con 33 especies de *Poaceae* y 27 de *Cyperaceae* las cuales se presentan en cuerpos de agua dulce. En Sudamérica Fortney *et al.,* (2004) detallan que se encuentran reportes de vegetación herbácea en zonas inundables estacionales y de desbordamiento de ríos en Brasil con abundancia en *Typha domingensis* y *Pontederia sagittata*.

Particularmente México presenta estudios dirigidos a las comunidades de humedales herbáceos en las planicies costeras de la vertiente del Pacífico y de los lagos de Michoacán, señalando que estas zonas comparten algunas especies con los humedales herbáceos del Golfo de México como son *Eichhornia crassipes, Salvinia minima, Typha domingensis, Thalia geniculata, Cyperus articulatus, Eleocharis spp*. y *Sagittaria latifolia* (Moreno–Casasola *et al.,* 2009). En Veracruz, Moreno-Casasola *et al*., (2010), mencionan que: la variación del tipo de

humedales existentes en el estado, difiere a nivel paisaje y a veces de composición florística. Por ejemplo, la zona de la laguna de Tamiahua, está caracterizada principalmente en la parte norte, por la presencia de humedales en la base de dunas; donde aflora el agua dulce y el agua ligeramente salina, dando paso a la formación de humedales herbáceos con presencia característica de vegetación como lo es *Spartina spartinae* y *Sagittaria lancifolia*; Para la región de lagunas en Alto Lucero-Actopan tenemos presencia de pequeñas llanuras de inundación cubierta de manglares, selvas inundables y popales (este último con presencia de plantas enraizadas con grandes hojas, largas y anchas que sobresalen del agua (*Calathea* y *Thalia*). Por su parte, en el sistema lagunar de Tuxpan Tampamachoco, para los sistemas de lagunas costeras encontramos manglares extensos y algunos parches de selvas inundables mientras que al sur del municipio hay superficies considerables de popales y tulares cuya vegetación característica domina por presencia de *T. domingensis* (Ortiz, 2017).

2.3 Servicios ambientales, económicos y sociales

Los humedales ofrecen múltiples beneficios de importante valor ambiental, social y económico, que contribuyen a satisfacer las necesidades de la población. Estos ecosistemas ayudan a regular las crecidas de aguas y a mitigar el impacto de las tormentas, como en el caso de la zona costera en E.U.A., donde los marismas de Muthurajawela aportan beneficios a la mayoría de los hogares al ser principal

suministro de aguas para uso doméstico y para el ganado, los peces y la flora silvestre (Emerton y Kekulandala, 2003).

De forma general, podemos mencionar, con base en Barbier (2011), los servicios ambientales, económicos y sociales que los humedales aportan a la sociedad y al ambiente:

-Los humedales actúan como protección costera, atenuando y/o disipando las olas y amortiguando los vientos.

-Controlan la erosión: al favorecer la estabilización de los sedimentos y la retención de suelo.

-Protegen contra crecidas: regulan y controlan el caudal del agua.

-Suministran agua: al recargar/descargar aguas subterráneas

-Purifican el agua: favorecen la captación de nutrientes y contaminantes, así como la retención y el depósito de partículas.

-Mantenimiento de la pesca, la caza y las actividades de forrajeo: Creando un hábitat reproductivo adecuado y zonas de cría con espacios protegidos

-Turismo, recreación, educación e investigación: ofrecen un paisaje único y estético, como hábitat adecuado para distintas especies de flora y fauna.

-Beneficios culturales, espirituales y religiosos, valores de legado: ofrecen un paisaje único y estético, con significado cultural, histórico o espiritual.

2.4 Destrucción de humedales

El costo de la destrucción de los humedales es entre 3 y 5 veces mayor que los bosques terrestres, con un valor aproximado en daños económicos de 42 mil millones de dólares cada año (Ramsar, 2015). Esto resulta preocupante por los amplios servicios ambientales que ofrecen estos ecosistemas no sólo a la sociedad sino al ambiente. Con base en datos extraídos de Portilla Ochoa *et al.,* (1998) y van der Duim y Henkens (2007), coinciden en que las principales amenazas dentro de las que se ven inmersas los humedales son las siguientes:

1) Reducción de humedales, fragmentación del hábitat por expansiones agropecuarias, etc.,
2) Impacto ambiental negativo derivado de las actividades de extracción de recursos maderables (para el caso de manglares),
3) Reducción de especies de importancia económica para las pesquerías locales ocasionada por el incremento pesquero, uso de artes de pesca prohibidas,
4) Cambios en la calidad del agua debido a diferentes tipos de contaminación, principalmente por descargas de aguas residuales de uso doméstico e industrial,
5) Problemas asociados a asolvamientos de los cuerpos de agua provocado por fenómenos erosivos que provienen de las partes altas por la eliminación de la cubierta forestal,

6) Problemas de asolvamientos ocasionados por el hombre a causa de la construcción de obras públicas.

El turismo, de acuerdo al Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF siglas en inglés) ha sido catalogado como una de las principales amenazas que está destruyendo humedales valiosos y amenazando suministros de agua en el Mediterráneo (De Stefano, 2004). El turismo no solo impacta negativamente los recursos ecológicos de los que dependemos, sino que además genera transformaciones socioeconómicas y culturales. A pesar de que las autoridades de gobierno muestran gran optimismo sobre los impactos positivos del turismo respecto a generación de empleos, ingresos y actividades empresariales, no siempre se toman en cuenta los inconvenientes que puedan generar a los ecosistemas.

Se calcula que la extensión mundial de los humedales disminuyó entre un 64 y 71% en el siglo XX, además la pérdida y degradación de los humedales continúan en todo el mundo, en algunas partes de Australia y Nueva Zelandia, Europa y América del Norte, la destrucción de humedales va más allá del 50 % de su superficie (Ramsar 2015). En México, se estima que en el periodo de 1993 a 2002 los humedales se redujeron en 95 mil hectáreas y para el estado de Veracruz por actividades agropecuaria se han degradado cerca del 58 % de sus humedales (CONANP, 2006).

2.5 Valoración socioeconómica de los humedales

De acuerdo con Stuip *et al.,* (2002), la valoración de los humedales va a depender de la naturaleza y características de sus funciones y procesos. Ellos ponen un ejemplo al comparar humedales costeros y fluviales; mientras que el primero va a estar dominado por los ciclos de marea, el segundo será dominado por la hidrología del río, asumiendo así características y hábitats diferentes y por ende los servicios ambientales que proveen no serán los mismos. El valor de un bien o servicio, se medirá entonces de acuerdo a la importancia que tengan los mismos con la sociedad.

La clasificación para realizar una valoración socioeconómica de los humedales que proponen es la siguiente:

-Por su valor de uso: aquellos humedales que resultan de una interacción humana y el uso del humedal, dividiéndose a su vez en:

1. valores de uso directo: cuando los beneficios son derivados de los servicios obtenidos, como la pesca, agricultura, producción de frutas, madera, la recreación y el transporte, y

2. valores de uso indirecto: cuando los beneficios van enfocados a la función que desempeña el humedal ya sea de retenedor de nutrientes, control de inundaciones, mejoramiento de la calidad del agua, etc.

-Por su valor de no uso: para aquellos valores intrínsecos de la naturaleza que derivan del conocimiento que se tiene para un recurso, dividiéndose a su vez en:

1. valor de existencia: cuando se tiene información sobre biodiversidad, patrimonio cultural, religioso, significado social o de legado. Este valor de existencia no se deriva de la utilización de los recursos en el humedal.

2. valores de opción: son los beneficios que se obtienen cuando hay una incertidumbre sobre el futuro, un ejemplo que mencionan de un valor de opción sería la protección de futuras propiedades y construcciones contra inundaciones gracias a la regulación del ciclo hidrológico.

En términos monetarios, de acuerdo a datos proporcionados por el Secretario General de la Convención Ramsar, los humedales aportan servicios valorados en 15 billones de dólares en todo el mundo, incluyendo el alimento, el agua y la regulación del clima, lo que demuestra lo cruciales que son para las personas y el medio ambiente, de ahí deriva la necesidad de conservarlos.

III. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Analizar la diversidad, estructura y factores ambientales que influyen en la distribución espacial de los humedales herbáceos en Tumilco, perteneciente al sitio RAMSAR 1602.

3.2 Objetivos específicos

-Determinar la riqueza de especies vegetales en humedales herbáceos del sitio RAMSAR 1602.

-Estimar la cobertura de los humedales herbáceos muestreados.

- Evaluar las condiciones y factores del ambiente donde se desarrolla los humedales herbáceos (hidroperiodo, pH, salinidad, conductividad, temperatura TDS, OD y % saturación de O).

IV. ÁREA DE ESTUDIO

Localización geográfica. El presente trabajo se llevó a cabo dentro del sitio RAMSAR 1602. La ubicación geográfica del área de estudio se encuentra a una latitud específica de 20°54’55.89N” a 20°54’38.15N” y longitud 97°16’55.93W” a 97°17’14.9W” (Fig. 1).

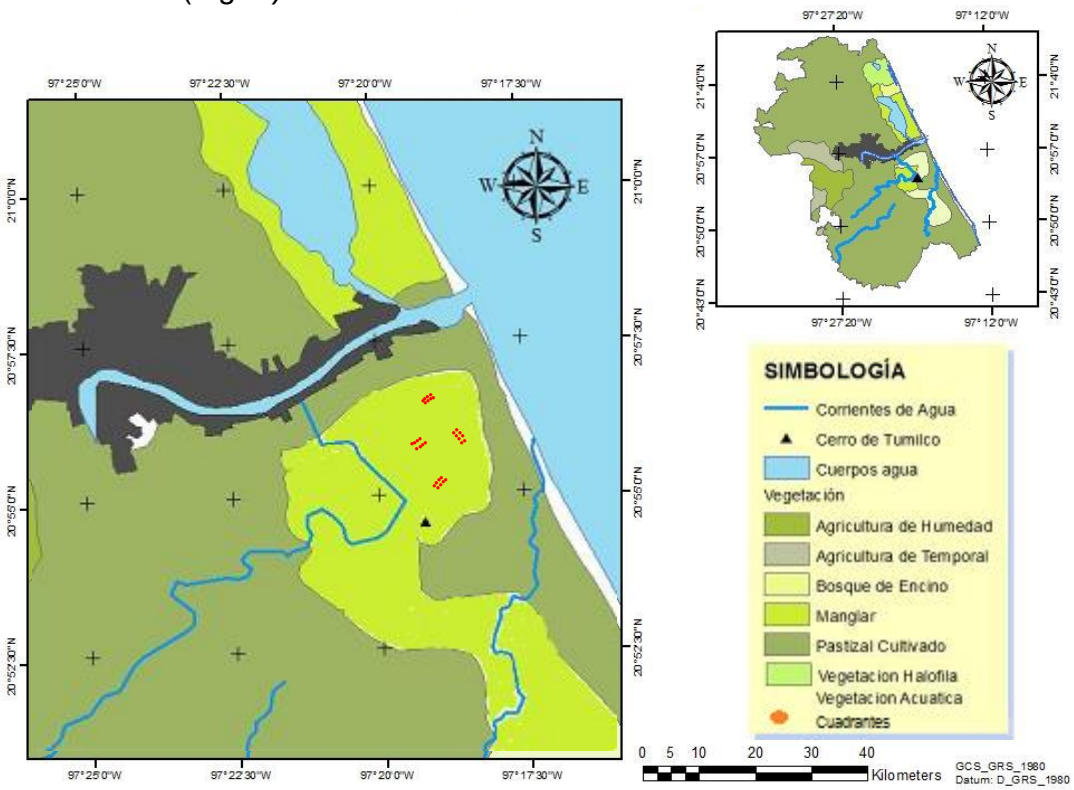


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio.

Descripción general. La localidad de Tumilco está situada en el Municipio de Tuxpan (en el Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave). Tiene 213 habitantes. Se encuentra a 10 m s n m. Al encontrarse dentro del sitio RAMSAR 1602, este

sitio se considera de importancia internacional, ya que cuenta en conjunto con la localidad Países Bajos, y Villa Mar, con uno de los humedales mejor conservados de la Provincia Biogeográfica del Golfo de México y junto con los manglares de la Isla de Ídolo en Tamiahua, constituyen los mejor estructurados del norte del Golfo de México.

En el sitio RAMSAR 1602 se desarrollan humedales, del tipo arbóreo (manglar) y de vegetación herbácea emergente (tulares y popales). Los terrenos son planos, con muy pocas elevaciones y sin accidentes orográficos de importancia. En la zona de influencia se encuentran diversos tipos de vegetación, como: pastizales, tulares, popales, encinares tropicales, manglares, así como áreas dedicadas a la ganadería y a los cultivos básicos y frutales (Basáñez-Muñoz, 2005).

Características físicas. Los humedales están considerados como el último reservorio de vegetación costera original de Tuxpan (CONABIO, 2011), encontrándose humedales del tipo arbóreo y de vegetación emergente; el terreno presenta muy pocas elevaciones. En la zona de influencia, se encuentran diversos tipos de vegetación como: pastizales, tulares, popales, manglares, así como áreas dedicadas a la ganadería y a los cultivos básicos y frutales. Cabe destacar que el estero de Tumilco y su zona de inundación, presentan unidades del tipo aluvial y pantanoso.

El sistema descrito anteriormente presenta una temperatura media anual de 24.9°C, la precipitación total anual es de 1,341.7 mm, con la estación seca de noviembre a mayo y la lluviosa, de junio a octubre; los vientos predominantes son del norte, conocidos como “nortes”, estos vientos pueden alcanzar los 80 km/h; los suelos presentes en los alrededores de Tumilco se presentan el Vertisol (Vp), Gleysol (Ge y Gv), pero en las elevaciones hacia el sureste, donde se asienta el Ejido Cerro de Tumilco, se observan suelos Regosol y Vertisol (INEGI, 2001).

Principales especies de flora y fauna. *Rizophora mangle, Laguncularia racemosa, Avicennia germinans,* el Tular (*Typha latifolia*); y Encinar Tropical (*Quercus oleoides*). También se encuentran asociadas especies que corresponden a la selva mediana subperennifolia como *Acacia cornigera, Bromelia pinguin, Bursera simaruba, Coccoloba barbadensis, Psidium guajava, Jacquinia macrocarpa, Viscum album, Solanum spp, Miconia argentea, Guazuma ulmifolia* y *Zamia spp.* (INEGI, 2001). La fauna encontrada está compuesta por: *Dasypus novemcinctus*, *Procyon lotor*, *Didelphimorphia*, *Cathartes aura*, *Crotalus*, *Testudines*, *Lepus*, *Canis latrans*, *Iguana iguana*, *Caudata*., etc. Es importante mencionar la gran cantidad de organismos acuáticos que dependen de los humedales de ésta zona: moluscos, artrópodos y peces, así como la gran diversidad de aves como *Patalea ajaja, Himantopus mexicanus, Ceryle alcion,* entre otras (INEGI, 2001).

V. MATERIAL Y MÉTODOS

El periodo de muestreo se lleva a cabo de Mayo 2016-Abril 2017 en Tumilco. En los recorridos prospectivos del área se identificaron diferente comunidades de vegetación que presentan en su mayoría cierta heterogeneidad y con base a bibliografía consultada (Ratti y Garton, 1996; Moreno-Casasola, 2009) seleccionamos un diseño estratificado con cuadros al azar.

Se colocaron 32 cuadrantes de 2 m x 2 m en un área de 9863 m². Estos cuadrantes fueron señalizados con ayuda de estacas. La ubicación geográfica de los mismos se muestra en el cuadro 1, señalamos que el área de muestreo a pesar de localizarse en el sitio RAMSAR 1602 se encuentra dentro de una propiedad privada, por lo cual antes de empezar las actividades se solicitó autorización para acceder al sitio.

Cuadro 1. Localización geográfica de los cuadrantes de muestreo

Cuadrante	Latitud N	Longitud W	Cuadrante	Latitud N	Longitud W
1	20°54'48.00"N	97°19'9.00"W	17	20°54'54.63"N	97°19'7.52"W
2	20°54'48.29"N	97°19'9.10"W	18	20°54'54.82"N	97°19'7.79"W
3	20°54'48.11"N	97°19'8.68"W	19	20°54'55.02"N	97°19'8.14"W
4	20°54'48.39"N	97°19'8.81"W	20	20°54'55.24"N	97°19'8.48"W
5	20°54'48.24"N	97°19'8.44"W	21	20°54'55.43"N	97°19'8.12"W
6	20°54'48.48"N	97°19'8.53"W	22	20°54'55.61"N	97°19'7.88"W

7	20°54'48.36"N	97°19'8.21"W	23	20°54'55.77"N	97°19'7.64"W
8	20°54'48.59"N	97°19'8.32"W	24	20°54'55.92"N	97°19'7.45"W
9	20°54'54.18"N	97°19'8.04"W	25	20°54'47.56"N	97°19'1.10"W
10	20°54'54.33"N	97°19'8.35"W	26	20°54'47.52"N	97°19'1.53"W
11	20°54'54.52"N	97°19'8.72"W	27	20°54'47.31"N	97°19'1.08"W
12	20°54'54.72"N	97°19'9.20"W	28	20°54'47.26"N	97°19'1.56"W
13	20°54'54.40"N	97°19'7.79"W	29	20°54'47.03"N	97°19'1.09"W
14	20°54'54.59"N	97°19'8.11"W	30	20°54'46.96"N	97°19'1.59"W
15	20°54'54.76"N	97°19'8.41"W	31	20°54'46.73"N	97°19'1.09"W
16	20°54'54.99"N	97°19'8.79"W	32	20°54'46.62"N	97°19'1.64"W

Una vez localizados y señalizados los cuadrantes de muestreo se procedió a realizar la identificación de especies existentes en campo y aquellas cuyo nombre científico se desconoció fueron colectadas. Esta colecta se llevó a cabo extrayendo la muestra y colocándola dentro de una bolsa de plástico con su etiqueta de identificación, ocupando una pequeña porción de 1 litro de solución de formaldehido (40ml) - alcohol 95° (580ml) - agua destilada (380ml). Posteriormente se realizó su identificación con apoyo de la base de datos de W3TROPICOS (Missouri Botanical Garden, 2011) y de la base de datos de Malezas de México (CONABIO, 2011).

Se midieron coberturas por especie identificada en cada cuadrante utilizando la escala de Westhoff y van der Maarel (1978). Esta escala combina la cobertura con

la abundancia, pues en los valores más bajos cuando se estima que la cobertura es menor del 5% de la unidad de muestreo, se utilizan valores de abundancia, además de que al ser una escala totalmente numérica, puede utilizarse en programas de cómputo (ver cuadro 2). Primero se delimitó el área de muestreo (cuadrantes 2 m x 2 m establecidos). Para realizar esta delimitación se construyó un cuadro de 2m x 2m de pvc de ¼" el cual sirvió de apoyo para delimitar el área por cuadrante establecido. El primer paso fue ubicar todo individuo de una misma especie que se quiso valorar, visualmente se colocaron juntos sin alterar su forma, se empezó preguntándose si la especie ocupaba más o menos del 50 %. Si era más de la mitad, la pregunta ahora fue si ocupaba más del 75% o menos; el proceso se repitió en todos los cuadrantes establecidos y se anotaron los resultados en bitácora de campo.

Cuadro 2. Escala Westhoff y van der Maarel (1978).

9	Más del 75% del cuadro
8	Entre 50 y 75%
7	25 y 50%
6	Entre 12.5 y 25%
5	Entre 5 y 12.5%
4	Menos de 5%, pero más de 10 individuos demasiados para contar
3	Menos de 5%, más de 10 individuos y se pueden contar
2	Menos de 5%, entre 3 y 10 individuos

1	Menos de 5%, 1 a 3 individuos

Para realizar mediciones del nivel del agua y del manto freático se construyeron e instalaron 32 piezómetros de PVC de 1” por 3 m de largo. Se ranuró en la parte inferior en los últimos 25 cm y con una separación entre ellas de 2.5 cm, haciendo dos hileras opuestas, procurando que las perforaciones quedaran desfasadas para evitar cortar el tubo. Se colocó una malla filtro de fibra de vidrio, reforzada con alambre de acero para permitir el paso del agua y no del sedimento, colocando un tornillo de 5/8” en la parte inferior. Se excavó en el suelo donde se colocaron los piezómetros a 150 cm de profundidad y se aseguró de devolver el estrato retirado en el mismo orden que fue extraído. Se utilizó un flexómetro de 8m para realizar las mediciones del nivel del agua superficial y un registrador portable de nivel de agua con cinta métrica y alarma sonora (SEEDMECH GW 50) para las mediciones del agua en el manto freático.

Se obtuvieron muestras mensuales de agua con apoyo de una manguera y una bomba manual para extraerla. Las muestras fueron colocadas en frascos de vidrio de 250ml. Se realizaron lecturas de parámetros fisicoquímicos: pH, temperatura, salinidad, conductividad y sólidos disueltos totales utilizando un medidor multiparamétrico (PCTestr35). Las mediciones de Oxígeno Disuelto y % Saturación O_2, se realizaron con apoyo de un medidor Multiparámetro modelo HI 9829, Marca Hanna Instruments®, empleando una sonda de la serie HI 76x9829

del Laboratorio de Fisiología Vegetal de la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad Veracruzana Región Poza Rica-Tuxpan.

Los datos colectados fueron almacenados en una bitácora de campo para su posterior transcripción a un archivo Excel. El archivo Excel se manipuló para realizar pruebas estadísticas en los programas PC-ORD versión 6, STATISTICA versión 7 y Past 3. El programa PC-ORD 6 se utilizó para realizar pruebas que relacionaran la presencia de especies con otras especies vegetales a través de la ejecución de un de análisis de grupos denominada Análisis Cluster. Con base en los datos de cobertura se obtuvo una clasificación numérica de las unidades de muestreo siguiendo la metodología Beta Flexible con un valor de β=-0.25, y como índice de similitud se utilizó la distancia Eucladiana relativizada, ya que conforme el valor de β es más negativo, el método incrementa los espacios y los elementos se unen en grupos más compacto (Moreno-Casasola *et al.,* 2010). En este mismo programa se calculó por sitios y épocas la riqueza, equidad y diversidad alfa, esta última utilizando el índice de Shannon a través de la fórmula $H' = -\Sigma p_i \log p_i$ donde p_i= probabilidad de importancia, i= matriz de elementos relativizados por el total de filas. Se realizaron pruebas t-student en riqueza, equidad y diversidad para comprobar si existen o no diferencias significativas entre épocas y sitios. La cobertura relativa (CR) se consideró como la cobertura promedio de la especie en los cuadros donde aparece (según la escala de cobertura-abundancia utilizada), dividido entre la cobertura total del cuadro para todas las especies.

El programa Past 3 se manejó para realizar CCA (Análisis de Correspondencia Canónica). En este análisis los gradientes de las variables ambientales (pH, Temperatura, TDS, OD, % Saturación O_2, Salinidad, Conductividad) se conocen a *priori* y las abundancias de especies (o la presencia / ausencia de las mismas) se consideran una respuesta a este gradiente. Las variables ambientales en el programa se trazan como correlaciones con las puntuaciones del sitio y la implementación de éste análisis CCA sigue el algoritmo de autoanálisis dado en Legendre, P. y Legendre, L. (2012) donde los gráficos resultantes enfatizan la relación entre las especies con los valores ambientales. El primer paso fue proceder a enumerar los sitios en la primera columna de la hoja de cálculo en el programa, posteriormente se nombraron las variables ambientales en la primera fila seguidas de los nombres de las especies, a continuación se escribieron en las siguientes columnas los datos de las variables ambientales seguidas de los datos de abundancia de especies. La implementación del CCA se realizó mediante la selección de todos los datos escritos, eligiendo en el menú de análisis la prueba de Correspondencia Canónica y estableciendo el número de variables ambientales (para este caso se escribe 7). El programa estadístico STATISTICA 7, se utilizó para analizar el comportamiento temporal del nivel de agua en el manto freático y agua superficial de los humedales muestreados. Se procedió a introducir los datos en el programa, colocando en la primera columna los cuadrantes de muestreo, seguido del mes de toma de muestra y en la tercer columna se colocó el resultado del nivel de agua (manto freático / superficial). A continuación se procedió a seleccionar las tres columnas de datos, posteriormente se realizó un modelo lineal

general que nos indicó las variaciones del nivel del agua y se realizaron pruebas estadísticas HSD Tuckey para determinar las diferencias significativas entre los meses de muestreo respecto a los niveles de inundación.

VI. RESULTADOS

Durante el periodo de muestreo Mayo 2016 – Abril 2017 se realizaron dos colectas -una en septiembre y la segunda en abril - para la identificación de especies vegetales presentes en el área de estudio. Se dividió la etapa de muestreo en dos épocas: secas y lluvias. Las especies encontradas en el sitio se encuentran en el cuadro 3.

Cuadro 3. Lista de especies registradas en los humedales herbáceos de Tumilco, Veracruz

No.	Nombre científico	Familia
1	*Cyperus articulatus*	*Cyperaceae*
2	*Bacopa monnieri*	*Plantaginaceae*
3	*Phyla nodiflora*	*Verbenaceae*
4	*Nymphaea ampla*	*Nymphaeaceae*
5	*Cabomba aquatica*	*Cabombaceae*
6	*Typha dominguensis*	*Typhaceae*
7	*Lemna minor*	*Lemnaceae*
8	*Sagittaria lancifolia*	*Pontederiaceae*
9	*Phragmites australis*	*Poaceae*
10	*Eleocharis triangularis*	*Cyperaceae*
11	*Alisma plantago-aquatica*	*Alismataceae*

12	*Brachiaria mutica*	*Poaceae*

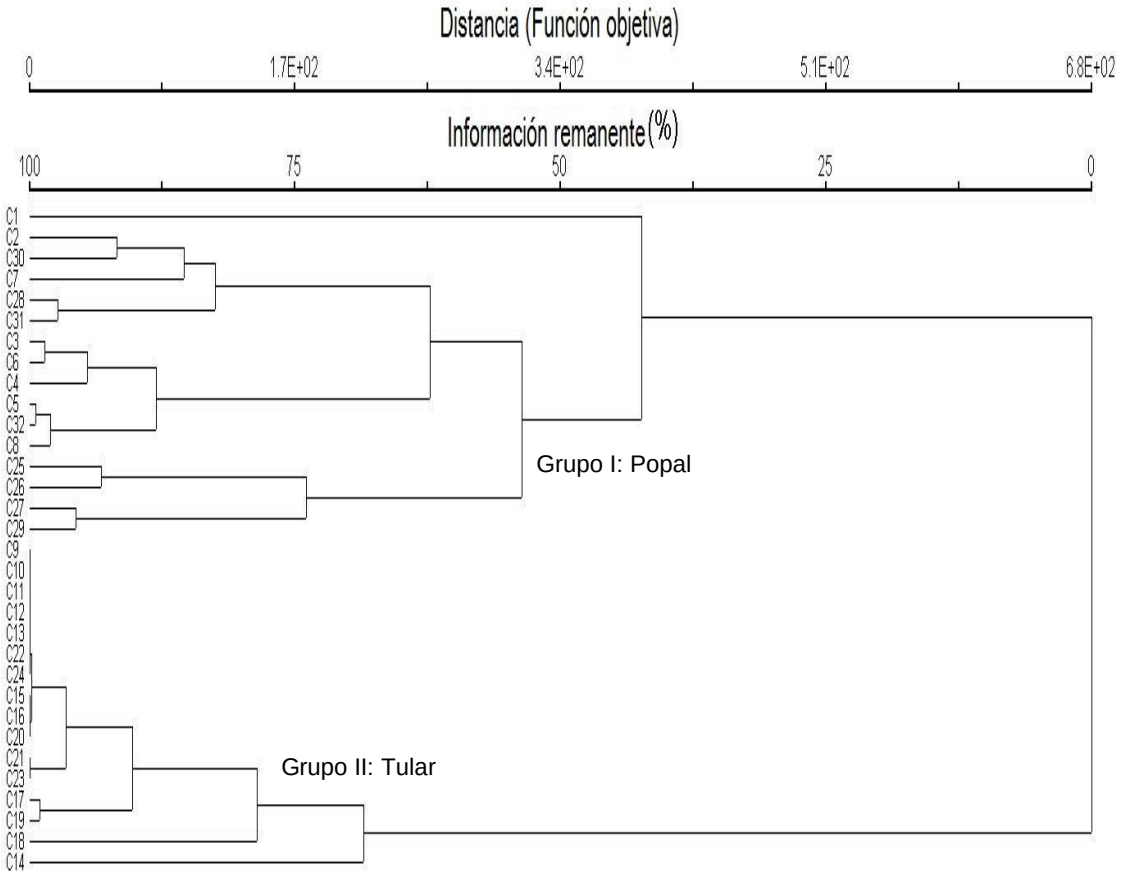


Figura 2. Grupos de vegetación según el análisis cluster en el que se agrupan las estaciones de acuerdo a las especies de plantas que comparten.

El análisis Cluster muestra la integración de dos grupos en los humedales muestreados, el tular y el popal (Fig. 2). Los grupos de vegetación para los cuadrantes 1-8 y 25-32 (popal) comparten entre sí de 1 a 6 especies, presentando al menos un 70% de similitud en cuanto a la composición de especies que

contienen. Las especies del grupo I son: *Sagittaria lancifolia*, *Bacopa monnieri*, *Phyla nodiflora*, *Eleocharis triangularis*, *Cyperus articulatus*, *Brachiaria mutica*, *Nymphaea ampla* y *Alisma plantago-aquatica*. Por su parte, los cuadrantes 16-24 (tular) presentaron al menos un 90 % de similitud entre los que dominan para todos los cuadrantes *Typha domingensis* y *Phragmites australis*, presentándose brotes aislados de *Bacopa monnieri*, *Lemna minor* y *Cabomba aquatica*.

En la época de lluvias para el sitio popal se registró la presencia de *N. ampla* y *A. plantago-aquatica* las cuales no se registran en la época de seca. Se observan incrementos en coberturas relativas durante la época de lluvias para *S. lancifolia, E. triangularis, P. nodiflora, C. aquatica* y de *B. monnieri*. Se encuentra *B. mutica* en época de secas para el popal, esta especie es considerada un pasto exótico y en Tumilco la cobertura relativa del mismo se dio con un porcentaje bajo (0.4%).

Por su parte, en el tular se encontraron brotes aislados de *N. ampla*, *L. minor* y *C. aquatica* en época de lluvias con un porcentaje de cobertura relativa menor al 1.2%. A su vez *T. domingensis* y *P. australis* incrementan sus coberturas en lluvias (Cuadro 4).

Cuadro 4. Porcentajes de coberturas relativas de las especies registradas en los humedales herbáceos –en las dos temporadas de estudio.

Cobertura relativa (%)				
Sitio	Popal		Tular	
	Secas	Lluvias	Secas	Lluvias
Eleocharis triangularis	55.10	60.93	0	0
Cyperus articulatus	5.45	3.16	0	0
Bacopa monnire	2.22	2.52	0.02	1.17
Phyla nodiflora	0.36	0.60	0	0
Nymphaea ampla	0	9.51	0	0.10
Cabomba aquatica	0.10	0.68	0	0.22
Typha domingensis	0	0	50	62.5
Lemna minor	0	0	0	0.16
Sagittaria lancifolia	0.10	0.37	0	0
Phragmites australis	0	0	0.11	15.62
Brachiaria mutica	0.40	0	0	0
Alisma plantago-aquatica	0	0.07	0	0

La riqueza de especies en Tumilco nos marca una tendencia promedio de 2-3 especies por cuadro para la comunidad de tular en la época de lluvias y de 1 a 2 especies por cuadro en época de secas. Para la comunidad de popal nos marca

una tendencia de 2-5 especies promedio por cuadro en época de lluvias y de 2 a 4 especies promedio por cuadro en época de secas (Fig. 3).

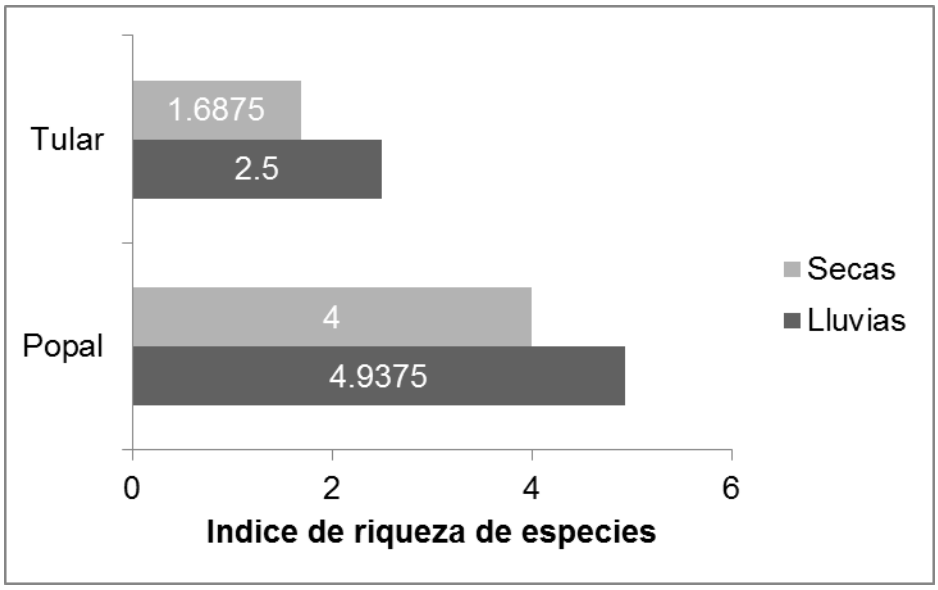
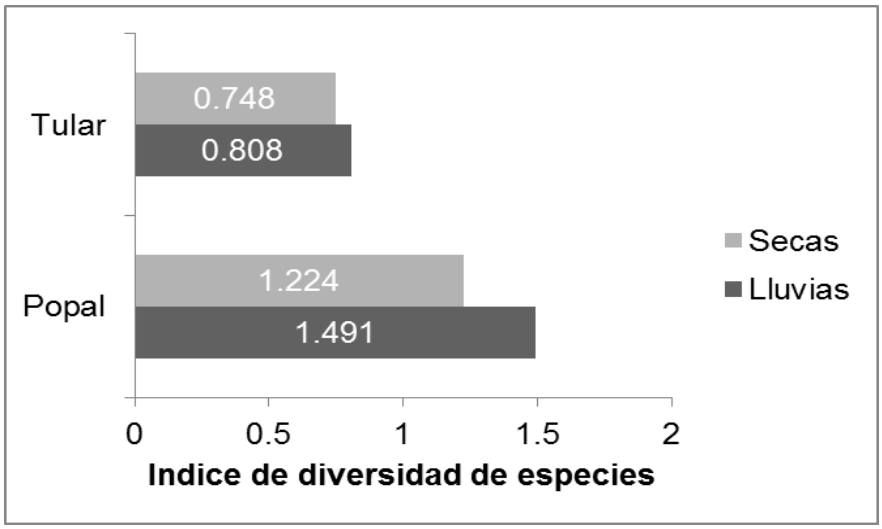


Figura 3. Valores de riqueza (S) en los humedales de Tumilco para épocas de lluvias y secas.

Al realizar pruebas t-student comparando riqueza entre épocas de muestreo, se encontraron valores estadísticamente significativos (t=4.48, p=0.02 Fig. 3). Se realizó esta misma prueba para valores de equidad dentro de la comunidad de popal y tular; no se encontraron diferencias significativas entre épocas (t=5.6475, p=0.1116 Fig. 4b); sin embargo, al realizar esta misma prueba para diversidad se encontraron valores estadísticamente significativos entre épocas (t=6.4 y p=0.09 Fig. 4a). La diversidad de especies se vio incrementada de 0.7 a 0.8 en el tular entre épocas. En el popal se observó la misma tendencia de aumento en diversidad para época de lluvias, presentando un valor de 1.4 sobre 1.2 en época de secas.

a)



b)

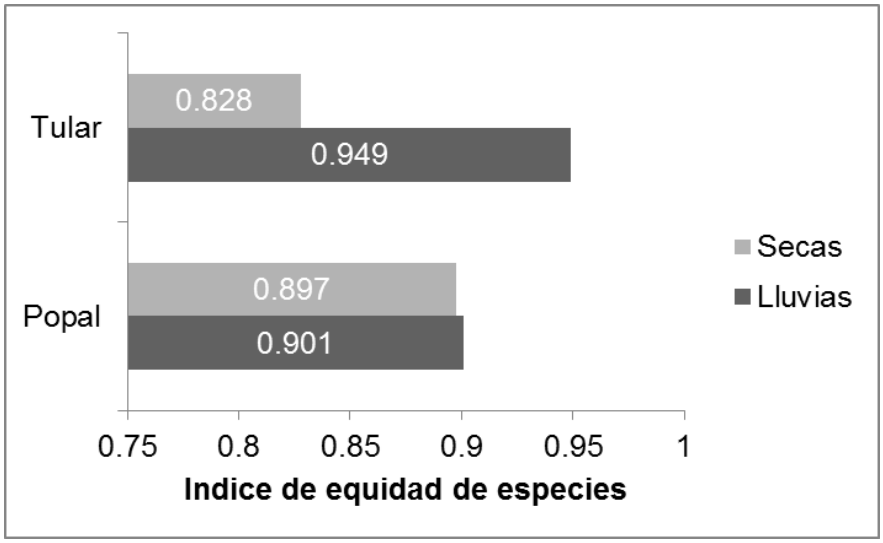
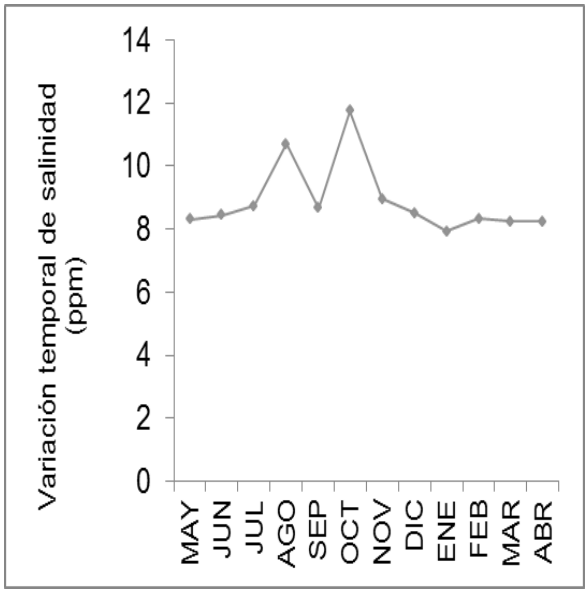


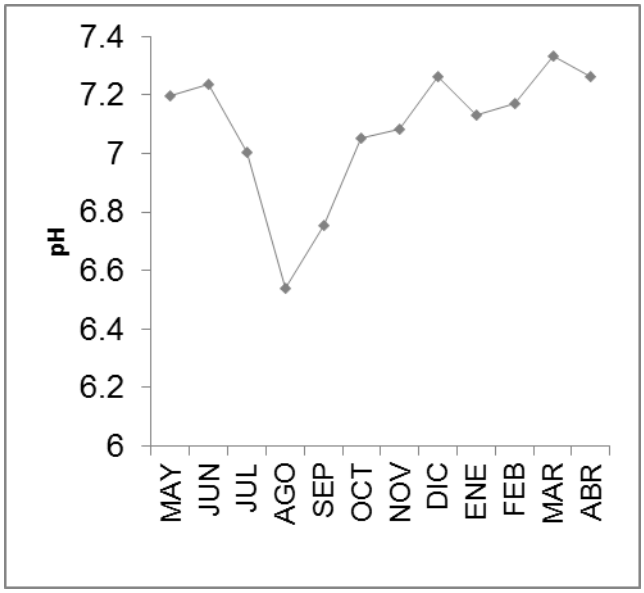
Figura 4. (a) Diversidad (índice de Shannon) y (b) equitatividad de especies en los humedales de Tumilco en temporada de lluvias y secas.

Los parámetros fisicoquímicos muestreados indican valores de salinidad máximos de 11.75 ppm en octubre y mínimos de 7.93 ppm en enero (Fig. 5a). Los valores de pH oscilan entre 6.5 y 7.3 durante todo el periodo de muestreo (Fig. 5b), mientras que la temperatura se encontró en rangos de entre 23.6 °C y 29.7 °C (Fig. 5e). En porcentaje de saturación de oxígeno y oxígeno disuelto los datos más bajos se presentan en mayo y junio (Fig. 5c y 5d). Para conductividad encontramos valores máximos de 15.85 µ/S en enero y valores mínimos de 11.39 µ/S en abril (Fig. 5f). Los sólidos disueltos totales presentan un valor máximo de 8.6 mg/l para septiembre y un valor mínimo de 7.1 mg/l para enero (Fig. 5g).

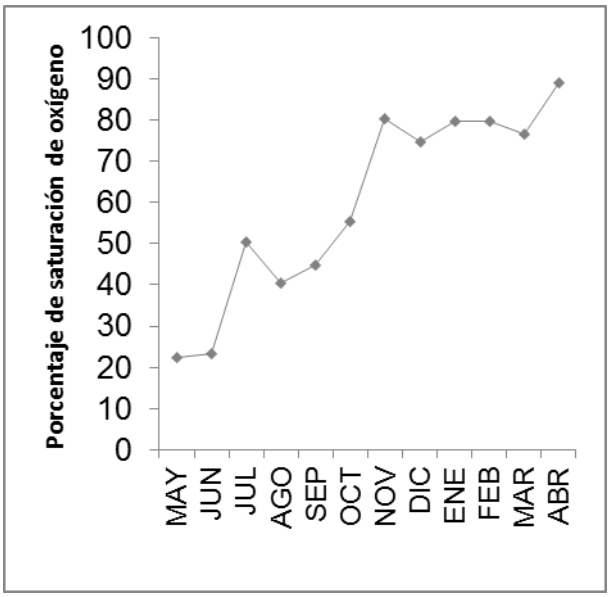
a)



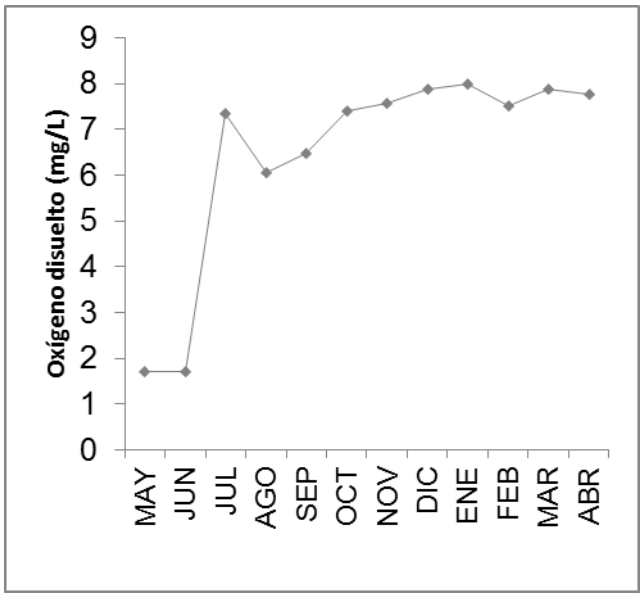
b)



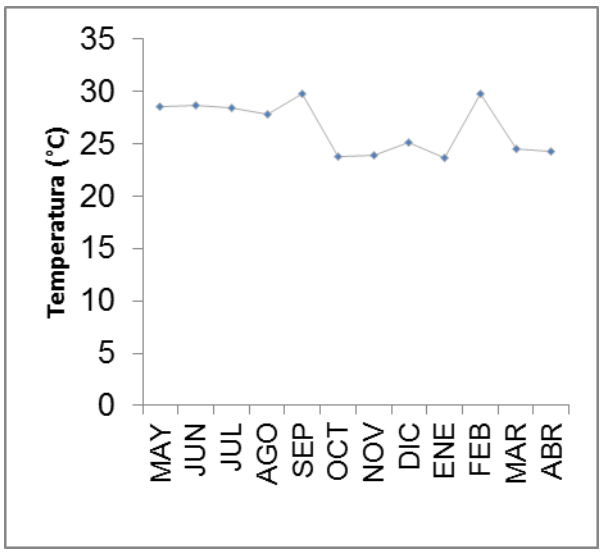
c)


Porcentaje de saturación de oxígeno
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
MAY
JUN
JUL
AGO
SEP
OCT
NOV
DIC
ENE
FEB
MAR
ABR

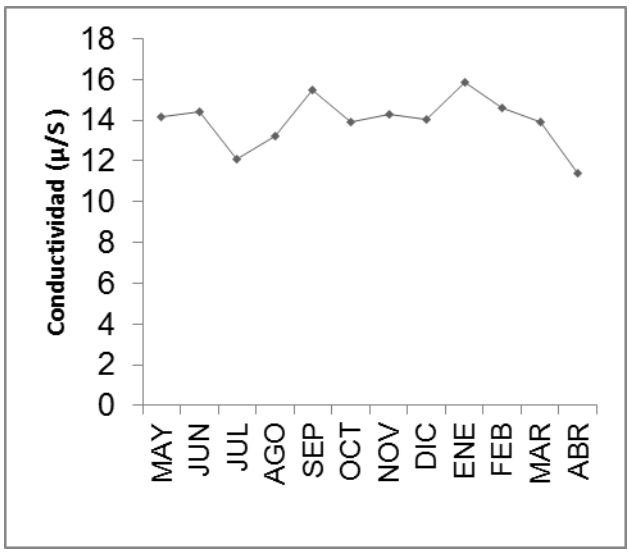
d)


Oxígeno disuelto (mg/L)
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
MAY
JUN
JUL
AGO
SEP
OCT
NOV
DIC
ENE
FEB
MAR
ABR

e)


Temperatura (°C)
35
30
25
20
15
10
5
0
MAY
JUN
JUL
AGO
SEP
OCT
NOV
DIC
ENE
FEB
MAR
ABR

f)


Conductividad (µ/S)
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0
MAY
JUN
JUL
AGO
SEP
OCT
NOV
DIC
ENE
FEB
MAR
ABR

g)

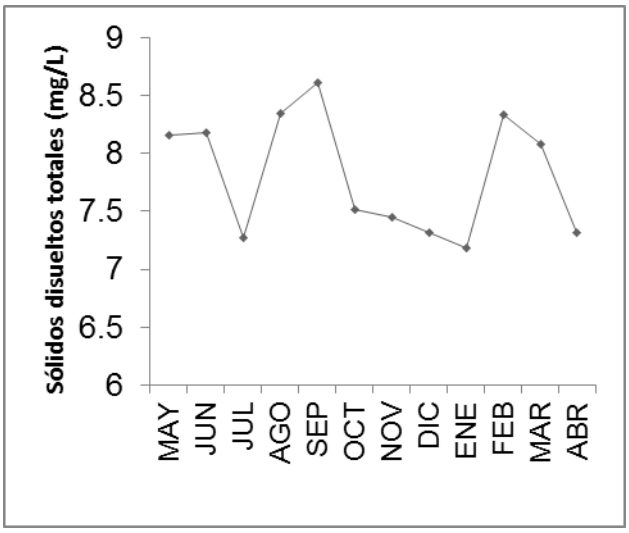


Figura 5. Parámetros fisicoquímicos**,** a) Variación temporal de salinidad, b) pH , c) porcentaje de saturación de oxígeno, d) oxígeno disuelto, e) temperatura, f) conductividad y g) sólidos disueltos totales, medidos en los humedales de Tumilco, Veracruz.

Los niveles de agua en el manto freático más bajos se observaron en mayo con un promedio de -56.55 cm. Por su parte, las variaciones de agua superficial se marcan a partir de junio, observándose el punto más alto en octubre con un valor de 55.4 cm. Noviembre es el mes en el que fluctúan casi al mismo nivel el agua superficial y manto freático con valores de 48.48 cm y 48.03 cm respectivamente (Fig. 6).

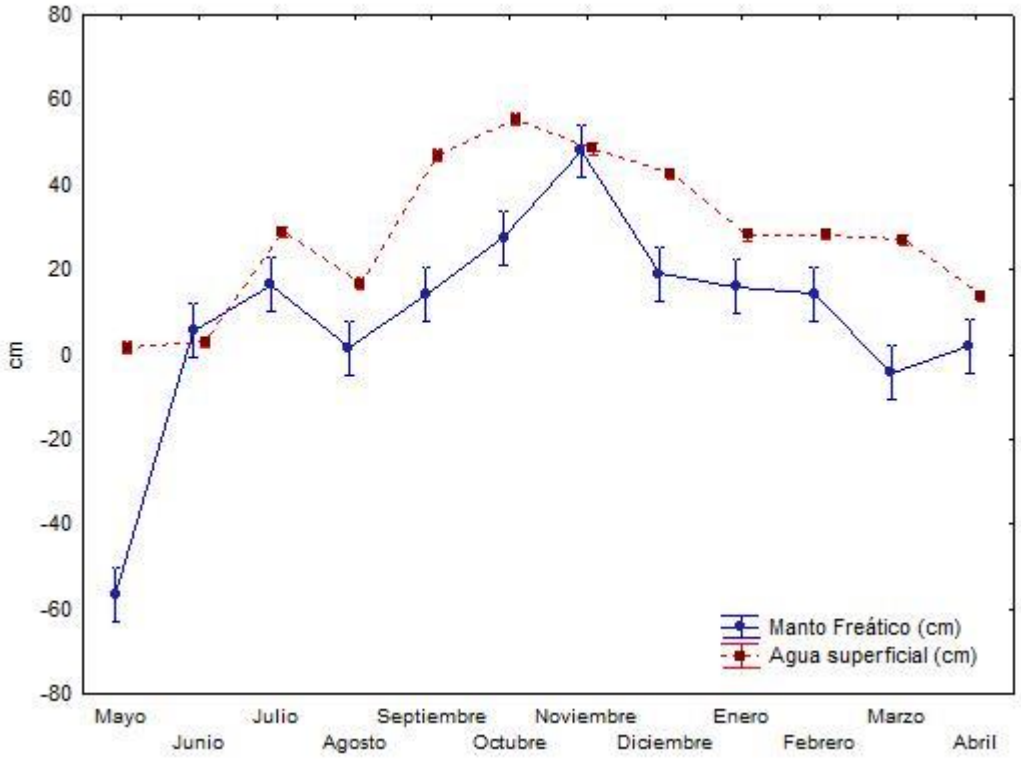


Figura 6. Variación del agua de manto freático y agua superficial a lo largo de los meses de muestreo en los humedales de Tumilco, Ver.

Todos los meses de muestreo, tanto para los datos de agua superficial y agua en el manto freático, presentan diferencias significativas que indican variaciones en los niveles de inundación en todos los meses de muestreo al presentarse valores $p<0.05$ en las pruebas HSD Tuckey.

Los análisis CCA globales nos muestran que en el Tular las especies *T. domingensis*, *C. aquatica*, *L. minor* y *P. australis* se relacionan con concentraciones de conductividad, salinidad, temperatura y sólidos disueltos totales, mientras que las especies *S. lancifolia*, *B. monnieri*, *P. nodiflora*, *A.*

plantago-aquatica, *C. articulatus*, *N. ampla*, E*. triangularis* y B*. mutica* se relacionan con la presencia de oxígeno disuelto, pH y porcentaje de saturación de oxígeno (Fig. 7). Los datos muestran que el parámetro fisicoquímico salinidad es el único quien presenta variaciones significativas con respecto a las especies por sitio, al arrojar un valor p=0.0078.

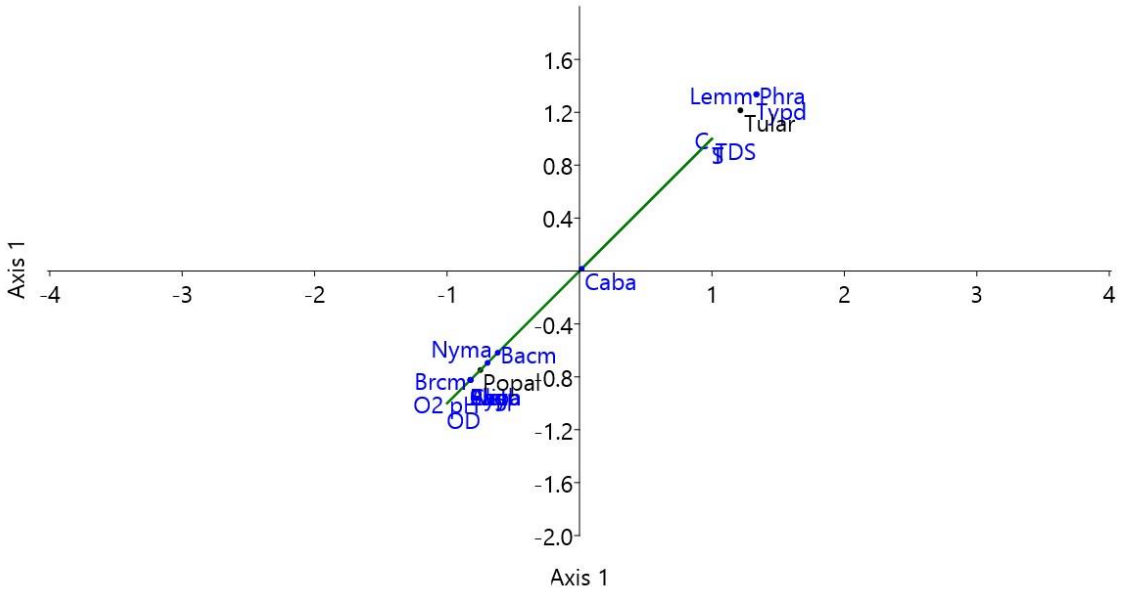


Figura 7. Análisis de Correlación Canónica entre los parámetros fisicoquímicos y especies de plantas durante el periodo de muestreo Mayo 2016 – Abril 2017.

VII. DISCUSIÓN

7.1 Riqueza y diversidad encontrada en Tumilco, Veracruz

Todas las especies florísticas encontradas en el sitio tienen una característica en común, y es que son hidrófitas; las hay desde herbáceas emergentes (*Typha domingensis*, *Cyperus articulatus*, *Sagittaria lancifolia*, *Eleocharis triangularis*, etc.), herbáceas de hojas flotantes enraizadas (*Nymphaea ampla*), herbáceas de hojas flotantes libres (*Lemna minor*) y herbáceas sumergidas (*Cabomba aquatica*) (Moreno-Casasola *et al*., 2009; Montalvo y Herrera, 1993).

La riqueza de especies máxima se presentó en el popal para la época de lluvias, seguida de la comunidad tular en la misma época, ambas comunidades presentan valores de riqueza de 4.9 y 4 respectivamente (popal y tular); en el tular la riqueza máxima encontrada es algo notable debido a que *Typha domingensis* es una especie dominante, quien forma un denso conjunto de rizomas y raíces que se logran expandir en forma fácil y rápida que muy difícilmente permite el crecimiento de demás flora acuática en su interior (Richardson *et al.,* 2008), además la presencia de *Phragmites australis* en el tular influyó en los valores de riqueza y diversidad encontrados al compartir ciertas características con *T. domingensis* de ser dominante y particularmente de considerarse una especie invasora perenne, nativa de África, resistente a condiciones extremas de calor y capaz de impedir el

establecimiento de demás especies por su rápido crecimiento (García-Falcón, 2016; Gerritsen *et al*., 2009; Houlahan y Findlay, 2004).

En el área de estudio la diversidad se muestra en dos épocas: lluvias y secas; por su parte, los valores de diversidad global encontrados fueron de 2.079, lo que demuestra un ligero decremento para diversidad en el sitio desde los estudios que realizara García-Falcón (2016), quien encontró una diversidad de 2.135. Se señala que uno de los factores por los que se atribuye mayor riqueza y diversidad en humedales localizados al sur de Veracruz, como Laguna Conejo y Popotera, quienes presentan valores máximos de riqueza de 15.29 y 11.5 y valores promedios de diversidad de 2.44 y 2.22 respectivamente (Moreno-Casasola *et al.,* 2010), es por las condiciones de salinidad en las que se mantienen: mientras que Tumilco presenta humedales salobres, Laguna Conejo y Popotera son humedales de agua dulce, además al encontrarse más cerca del ecuador la diversidad en muchas especies se incrementa (García-Falcón, 2016).

Así mismo Moreno-Casasola *et al.,* (2010) señala que en los humedales de Laguna Conejo y Popotera, el nivel de inundación fue uno de los principales factores que marcan la diferencia de vegetación respecto al popal y tular de La Mancha, así como los humedales de Laguna Grande y Mandinga.

Se ha encontrado que el hidroperiodo juega un papel fundamental en el establecimiento de vegetación dentro de un humedal, ya que no todas las plantas

que viven en los humedales han desarrollado adaptaciones morfológicas y fisiológicas que les permitan vivir y reproducirse exitosamente en ambientes tan estresantes como son los humedales (García-Falcón, 2016; Raulings *et al*., 2010; Ritter, 2000); *Cabomba aquatica* por ejemplo, fue una especie que a bajo nivel de inundación no fue apreciable en los humedales muestreados, sin embargo, una vez incrementado el nivel a consecuencia de las lluvias en la zona, empezó a hacerse notar la especie en los humedales muestreados, lo mismo ocurrió con *Lemna minor* y *Nymphaea ampla*.

En este trabajo se observó efectivamente que las variaciones en el hidroperiodo fueron detonantes para que la riqueza y diversidad de especies aumentara en el sitio; sin embargo en diversos estudios se ha demostrado también que los cambios en diversidad y riqueza dentro del ecosistema de humedal son a causa de: actividades agrícolas y ganaderas, salinidad, ecoturismo, uso intensivo del suelo, rotación de cultivos, introducción de especies y cambio climático (Hauentein *et al.,* 2005; Perotti, *et al.,* 2005; Moreno-Casasola *et al.,* 2010; Ramírez *et al.,* 2014; Heynes-Silerio *et al.,* 2017).

Un dato que se considera de interés fue encontrar *Brachiaria mutica* en las comunidades de popal en Tumilco, Veracruz; Esta especie de pasto es capaz de crecer en zonas inundables y tener la capacidad de colonizar humedales herbáceos por la susceptibilidad de los mismos a convertirse en potreros, mediante la práctica de introducción de especies forrajeras y desecación para la

construcción de zonas habitacionales, se han encontrado reportes para el sitio Ramsar 1602 y al igual que los humedales herbáceos de la Cuenca Baja del Río Papaloapan, la introducción de pastos forrajeros son un factor que influye en la disminución de diversidad y capacidad de servicios ambientales que brindan los humedales (Moreno-Casasola *et al.,* 2010; López-Rosas *et al.,* 2014; López-Rosas *et al.,* 2006; Junk, 2013; Barbosa y Araúz, 2016).

Los valores de cobertura obtenidas en el sitio revelan que *Typha domingensis*, *Phragmites australis, Eleocharis triangularis* y *Sagittaria lancifolia* son quienes dominan los humedales herbáceos en Tumilco, Veracruz y la distribución de éstas especies en las comunidades de popal y tular son similares con los humedales ubicados en la Llanura Costera del Golfo de México (Infante-Mata *et al.*, 2012). Además se ha demostrado que los aumentos y disminuciones en los valores de cobertura relativa de *T. domingensis* y *S. lancifolia* entre épocas, son resultado de actividades antrópicas derivadas de la introducción de la ganadería en los humedales (Rodríguez-Medina *et al*., 2017).

7.2 Análisis de los parámetros fisicoquímicos en los humedales herbáceos de Tumilco, Veracruz

Las características de las variables fisicoquímicas de los humedales son de gran importancia ya que ayuda a determinar las condiciones en la que se encuentran

los ecosistemas de humedal. Para la temperatura se observa un ligero descenso desde los estudios realizados por Cupil-Díaz (2015) en el periodo 2014-2015, quien marca que en los humedales herbáceos de Tumilco, Veracruz la temperatura máxima se dio con un promedio de 30.35 °C, por su parte García-Falcón (2016) señala que la temperatura en Tumilco para el periodo 2015-2016 fue en promedio de 26.85°C. La temperatura encontrada en el sitio durante el periodo 2016-2017 se encuentra en un promedio de 26.65 °C. Se ha demostrado que las variaciones anuales de temperatura dependen de la absorción del calor recibido del exterior, registrándose un máximo al comienzo del otoño y un mínimo al inicio de la primavera; también se presentan cambios debido a la profundidad de las aguas, observándose que las modificaciones son mayores en la superficie y conforme aumenta la profundidad las variaciones se atenúan progresivamente hasta no registrar ninguna variación anual (Biblioteca digital ILCE, 2013).

El oxígeno disuelto en Tumilco oscila de entre 0.5 y 2.55 mg/l (Cupil-Díaz, 2015; García-Falcón, 2016), en éste estudio el promedio fue de 7.82 mg/l, se registra un aumento de 4 mg/l desde el periodo 2014-2015 al periodo 2016-2017. El porcentaje de saturación de oxígeno medido por García-Falcón (2016) fue de 24.92 % oxígeno, mientras que el medido en este estudio obtuvo un promedio de 59.77 % oxígeno, lo que demuestra un incremento desde el último estudio realizado en Tumilco, Veracruz. Señalemos que la disminución y falta de oxígeno se asocia también con áreas cercanas a manglares en donde se presentan intensos procesos de descomposición de materia orgánica (Moreno-Casasola *et*

al., 2009) y el área de humedales herbáceos muestreados se localiza a no más de 1km de distancia con los manglares de Tumilco.

La conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales medida por Cupil-Díaz (2015) y García-Falcón (2016) muestran un incremento de 6.24 µ/S a 6.28 µ/S y de 0.16 mg/l a 3.14 mg/l, mientras que en este estudio incrementa a 13.93 µ/S y 7.81 mg/l. Mencionemos que éstas dos variables están relacionadas entre sí, debido a que mientras mayor sea la cantidad de sólidos disueltos totales en el agua la conductividad eléctrica será mayor, además el aumento de sólidos disueltos se deriva de fuentes orgánicas como hojas, sedimentos, plancton, y los desechos industriales y aguas residuales (Chapman y Kimstach, 1992).

La salinidad en este estudió obtuvo un promedio de 8.89 ppm, indicando un cuerpo de agua salobre, a comparación de estudios realizados por Cupil-Díaz (2015) quien registra valores por debajo del promedio encontrado (4.32 ppm) indicando un cuerpo de agua dulce. Por su parte García-Falcón (2016), obtuvo un promedio de 13.66 ppm, datos superiores a los encontrados en este estudio e inclusive en humedales de Ciénega del Fuerte, Laguna Apompal y Popotera, Veracruz, cuya salinidad oscila entre 2 y 7.54 ppm (Moreno-Casasola *et al.,* 2010) Los incrementos en la salinidad se atribuyen a las entradas de agua dulce de las lluvias y agua salada del mar en los humedales (Farruggia *et al*., 2008; Moreno-Casasola *et al.,* 2010).

Cabe señalar que son apreciables los cambios de salinidad en el área de estudio, esto se puede explicar debido a que los breves periodos húmedos provocan la disolución de las sales, y con ello su movilización, mientras que con las intensas y largas sequías se originan fuertes evaporaciones, que produce el ascenso de humedad de las capas freáticas y al intensificarse la evaporación, concentran las sales de la solución del suelo, que precipitan acumulándose en la superficie del perfil, lo cual en estas condiciones pueden acumularse en cantidades suficientes para impedir el crecimiento de plantas y alterar las propiedades del suelo (Otero *et al*., 2002).

Por su parte, el parámetro salinidad con base en los análisis de correspondencia canónica relacionó a *Typha domingensis* y *Phragmites australis;* La literatura señala que ambas especies son capaces de vivir en ambientes dulces, salobres y salados, dominantes sobre otras especies y capaces de sobrevivir en agua poco oxigenada y en ambientes inundables durante su periodo de vida (Glenn *et al*., 1995; Richardson *et al*., 2008; Cho-Jang *et al.,* 2017). A su vez, se encontró que cuando la salinidad oscilaba entre 8 y 9 ppm *L. minor*, *C. aquatica* y *N. ampla* se observaron en mayor abundancia, sin embargo una vez que la salinidad empezó a aumentar a 9-11.5 ppm la presencia de éstas especies se vio reducida, lo anterior se explica con base en estudios realizados por Barbosa (1999) y Pilar Arroyave (2004), quienes señalan que éstas tres especies son susceptibles a cambios de salinidad aun cuando puedan florecer durante todo el año, dependiendo a su vez de los niveles de agua. La presencia por su parte de *B. monnieri, A. plantago-*

aquatica, P. nodiflora, *S. lancifolia, E. triangularis* y *C. articulatus* se asocia a sitios húmedos y salobres durante todo el año (Heynes-Silerio *et al.,* 2017). *Brachiaria mutica* además de asociarla con el parámetro de salinidad por la capacidad de establecerse en zonas dulces, salobres y saladas aunado a su resistencia a temperaturas altas se relaciona por presentarse en sitios poco inundables, pues a pesar de ser un pasto exótico invasor, su dominancia al igual que *P. australis* contribuye al desplazamiento natural de especies nativas dentro del sitio.

Los valores de pH oscilan entre 6.5 y 7.3 (valores neutros) durante todo el periodo de muestreo, coindicen con valores encontrados en otros humedales muestreados por Moreno-Casasola *et al.* (2010), Cupil-Díaz (2015), García-Falcón (2016) y Ortiz (2017).

La inundación se presentó en el área de estudio a partir de julio, registrando su nivel máximo en Octubre con un valor de 55.4 cm. García-Falcón (2016), obtuvo en la zona de estudio un nivel máximo de inundación de 80 cm, mientras que Cupil-Díaz (2015) en Tumilco obtuvo un nivel de inundación máximo de 48.66 cm. Comparando los valores de agua en el manto freático, los valores máximos en este estudio se registraron con un valor de -56.55 cm, muy por debajo de los -116 cm obtenidos por García-Falcón (2016); se señala en el caso de las zonas costeras donde se encuentran los humedales, aunque el manto freático tiende a mantenerse paralelo al nivel topográfico en algunos puntos, su profundidad no es

constante tal y como se muestran en los estudios realizados desde el 2015 al 2017, sino que va a fluctuar de acuerdo con las variaciones en las precipitaciones, presión atmosférica y con las fluctuaciones de las mareas, las cuales en Tumilco son derivadas del estero y entradas del mar (García-Falcón, 2016; Moreno-Casasola *et al.,* 2009; Ritter, 2000).

VIII. CONCLUSIONES

Se concluye de acuerdo a nuestros resultados obtenidos que: 1) Las variaciones en el hidroperiodo están determinando la composición florística en las comunidades de popal y tular de Tumilco; 2) La salinidad juega un papel importante en el establecimiento de ciertas especies florísticas en los humedales; 3) La dominancia de ciertas especies sobre otras hace que la diversidad de los humedales se vea afectada, aunado a las actividades ganaderas en zonas cercanas a humedales; 4) La introducción de pastos exóticos y especies invasoras, que compiten por espacios con las especies nativas, disminuyen riqueza y diversidad de especies en los humedales.

Finalmente, se observa que a pesar de ser un sitio Ramsar en el cual se debería de promover la conservación de los humedales, el desconocimiento de la población sobre los beneficios ambientales y económicos que conllevan, ha generado que se tome como actividad económica principal la ganadería, bajo lo cual se sugiere que continúen realizándose estudios de caracterización e implicaciones derivadas de actividades antropogénicas en los humedales, para poder dar recomendaciones que aseguren la sustentabilidad del funcionamiento de los mismos.

Además se sugiere que en futuros trabajos para una mayor certeza en la diversidad y riqueza del sitio, no sólo se tomen muestras de vegetación dos veces por año, sino que se tomen muestras al inicio y término de cada estación: primavera, verano, otoño, invierno, para tener una mayor representatividad del estado actual de los humedales en Tumilco.

IX.APLICACIÓN PRÁCTICA

Este trabajo reconoce algunos aspectos que influyen en la distribución de los humedales herbáceos localizados en Tumilco, así como demostrar en qué condiciones actuales se encuentra, puede utilizarse como punto de partida y seguimiento para la realización de futuras investigaciones enfocadas principalmente a la conservación de los humedales. También, puede ser tomada para la implementación de programas de restauración, así como de conservación del sitio RAMSAR No. 1602.

¿Cómo se pueden desarrollar éstas investigaciones de conservación o implementar programas de restauración? Como medida de restauración y tomando en cuenta que la principal actividad económica de la comunidad es la ganadería, se hace una propuesta piloto para incrementar ingresos económicos de los pobladores mediante la introducción de especies herbáceas que contribuyan a mejorar el paisaje de la zona y que pueda a su vez ser aprovechadas por el ganado, sin que exista la necesidad de eliminar por completo áreas de humedales que contribuyen entre diferentes servicios ambientales, a la protección ante inundaciones y huracanes, purificación del agua mediante la retención de nutrientes, fuentes de producción pesquera y en ocasiones son navegables y contribuyen al transporte.

Entre las especies vegetales que se proponen para mejorar el paisaje de la zona y ser aprovechadas por el ganado (Moreno-Casasola *et al.,* 2010), aunado a la producción de oxígeno, remoción de metales (Olguín, 2013) y retención de dióxido de carbono son:

• *Vigna luteola*: trepadora presente en humedales herbáceos, altamente palatable y productiva usada para forraje.

• *Luziola peruviana*: pertenece a un pequeño género de gramíneas que habita ambientes acuáticos de poca profundidad, que se reproduce sexual y asexualmente, y sirve de alimento a fauna silvestre como los capibaras, además se aprovecha como alimento para ganado.

• *Pontederia cordata*: esta especie contribuye a la remoción de un 92% de amonio, nitrato y fosfato en el agua, presenta un 90% de eficiencia en producción de oxígeno, además de que contribuye al enriquecimiento del paisaje dentro del humedal.

• *Cyperus papyrus* y *Pontederia sagittata*: En combinación son capaces de mejorar la calidad del agua de un lugar eutrofizado, mejoran la apariencia del paisaje; *C. papyrus* puede ser utilizado como alisante para el cabello, además de ser aprovechado como alimento para el ganado.

• *Thalia geniculata*: Cubre grandes superficies en los humedales tropicales del sureste de México, se cultiva ocasionalmente como ornamental y las hojas se usan para hacer tamales, también sirven como alimento al ganado.

• *Pistia stratiotes*: Capacidad fisiológica y bioquímica de absorber, retener y degradar los contaminantes.

• *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans*: vegetación arbórea distintivas por ser productores principales de oxígeno en conjunto con los bosques, además de mantener una compleja red trófica con sitios de anidamiento de aves, zonas de alimentación, crecimiento y protección de reptiles, preces, crustáceos, moluscos, un gran número de especies en peligro de extinción, entre otros.

Aunado a lo anterior, para fomentar la conservación de los humedales se sugiere realizar conferencias y actividades didácticas que incluyan tanto a la población como a las autoridades competentes (Agentes municipales, ejidatarios, regidores de ecología municipales), señalando cómo se han modificado los ecosistemas y las consecuencias que puede acarrear si se continúan destruyendo; consecuencias que van desde la aceleración de inundaciones hasta el empobrecimiento de la calidad del agua y mortandad de fauna (por destrucción de manglares, tulares y popales).

X. BIBLIOGRAFÍA

1. Arroyave, M. D. P. 2004. La lenteja de agua (*lemna minor l.*): una planta acuática promisoria. Revista EIA **1(1)**: 33-38.

2. Banda-Márquez, A. 2011. Caracterización y dinámica de la vegetación del popal “Laguna Aeropuerto”, Puerto Escondido, Oaxaca. Tesis de licenciatura. Universidad del Mar, Oaxaca, México. 70 pp.

3. Barbier, E. B. 2011. Wetlands as natural assets. Hydrological Sciences Journal **56(8)**: 1360-1373.

4. Barbosa, B. J. R. y Araúz B.S.M. 2016. Plantas acuáticas invasoras en humedales. Inventio: la génesis de la cultura universitaria en Morelos **21(1)**: 33-38.

5. Basáñez-Muñoz, A. 2005. Ficha Informativa de los Humedales. Ramsar (FIR). Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. 14 pp.

6. Biblioteca digital del Instituto Latinoamericano de la Comunidad Educativa. 2013. La temperatura en el agua. [Actualizado al 22 de Agosto de 2017]. Página electrónica (http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia /volumen1/ciencia2/17/htm/sec_6.html).

7. Botello, A.V., Rendón von-Osten, J., Gold Bouchot, J. y Agraz Hernández, C. 2006. Golfo de México, Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias. 2da Edición. Univ. Autón. de Campeche, Univ. Nal. Autón. de México, Instituto Nacional de Ecología. México. 696 pp.

8. Chapman, D. y Kimtsach V. 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.

9. Cho-Jang, S., Lee J.S. y Kim J.W. 2017. Distribution of Phragmites australis Communities with Different Habitat Salinity. Journal of Coastal Research In-Press.

10. Collins, P.E.F., Turner S.D. y Cundy A.B. 2001. High-resolution reconstruction of recent vegetation dynamics in a Mediterranean microtidal wetland: implications for site sensitivity and palaeoenvironmental research. Journal of Coastal Research **17(1)**: 684-693.

11. CONABIO. 2011. La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A.C. México.

12. CONABIO. 2011. Malezas de México. [Actualizado al 19 de abril de 2017]. Página electrónica (www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/2inicio/home-malezas-mexico.htm).

13. CONAGUA. 2012. Inventario Nacional de Humedales. [Actualizado al 3 de Junio de 2017]. Página electrónica (http://www.conagua.gob.mx/Contenido.aspx?n1=4&n2=180&n3=180).

14. CONANP. 2006. La CONANP y los humedales. [Actualizado al 28 de Mayo de 2017]. Página electrónica (http://ramsar.conanp.gob.mx/ la_conanp_y_los_humedales.php).

15. Cowardin, L. M., Carter, V., Golet, F.C. y LaRoe E.T. 1979. Classification of wetlands and deepwater habitats of the United States. US Department of the Interior, US Fish and Wildlife Service.

16. Cupil-Díaz, 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.

17. De Stefano, L. 2004. Freshwater and Tourism in the Mediterranean. WWF Mediterranean programme. 32 pp.

18. Dugan, P. J. 1992. Conservación de humedales: Un análisis de temas de actualidad y acciones necesarias. IUCN. 377 pp.

19. Ellis, E.A. y Martínez Bello, M. 2010. “Vegetación y Uso de Suelo de Veracruz”. pp. 203-226. Atlas del Patrimonio Natural, Histórico y Cultural del estado de Veracruz. Comisión para la Conmemoración del Bicentenario de la Independencia Nacional y del Centenario de la Revolución Mexicana. Gobierno del estado de Veracruz, 280 pp.

20. Ellison, A. 2004. Wetlands of Central America. Wetlands Ecology and Management **12(1)**: 3–55.

21. Emerton, L. y Kekulandala, L.B. 2003. Assessment of the Economic Value of Muthurajawela Wetland. Occasional Papers of IUCN-Sri Lanka.

22. Euliss, N. H., LaBaugh, J.W., Fredrickson, L.H., Mushet, D.M., Laubhan, M.K., Swanson, G.A. y Nelson, R.D. 2004. The wetland continuum: a conceptual framework for interpreting biological studies. Wetlands **24(2)**: 448-458.

23. Farruggia, F.T., Stevens, M.H.H. y Vincent, M.A. 2008. A floristic description of a Neotropical coastal savanna in Belize. Caribbean Journal of Science **44(1)**: 53–69.

24. Fortney, R.H., Benedict, M., Gottgens, J.F., Walters, T.L., Leady, B.S. y Rentch, J. 2004. Aquatic plant community composition and distribution along an inundation gradient at two ecologically–distinct sites in the Pantanal region of Brazil. Wetlands Ecology and Management **12(1)**: 575–585.

25. García-Falcón, F. 2016. Ecología de la comunidad de plantas hidrófitas en Tumilco, municipio de Tuxpan, Veracruz. Tesis de maestría. Universidad Veracruzana. Tuxpan, Veracruz. México.

26. Gerritsen, P. R. W., Ortiz Arrona, C. y González Figueroa, R. 2009. Usos populares, tradición y aprovechamiento del carrizo: estudio de caso en la costa sur de Jalisco, México. Economía, sociedad y territorio **9(29)**: 185-207.

27. Glenn, E., Thompson, T.L., Frye, R., Riley, J. y Baumgartner, D. 1995. Effects of salinity on growth and evapotranspiration of *Typha domingensis Pers*. Aquatic Botany **52(1)**: 75-91.

28. Hauenstein, E., González, M., Peña-Cortés, F. y Muñoz-Pedreros, A. 2005. Diversidad vegetal en humedales costeros de la Región de La Araucanía. En: Smith-Ramírez C., J.J. Armesto y C. Valdovinos. (eds) Historia, diversidad y ecología de los bosques costeros de Chile: 197-205. Editorial Universitaria, Santiago, Chile.

29. Heynes-Silerio, S. A., González-Elizondo, M., Ruacho-González, L., González-Elizondo, M., y López-Enríquez, I. L. 2017. Vegetación de humedales del municipio de Durango, Durango, México. Revista Mexicana de Biodiversidad **88(2)**: 358-364.

30. Houlahan, J. E. y Findlay, C.S. 2004. Effect of invasive plant species on temperate wetland plant diversity. Conservation Biology **18(4)**: 1132-1138.

31. Ikuska. 2013. Humedales de importancia internacional: Benin. [Actualizado al 3 de febrero de 2017]. Página electrónica (http://www.ikuska.com/Africa/natura/ramsar/benin_basse.htm).

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

33. Instituto de Política Medioambiental Europea. 2013. [Actualizado en Enero 2014]. Página electrónica (http://www.ieep.eu/).

34. Infante-Mata, D., Moreno-Casasola, P. y Madero Vega, C. 2012. Litterfall of tropical forested wetlands of Veracruz in the coastal floodplains of the Gulf of México. Aquatic botany **98(1)**:1-11

35. Junk, W. J. 2013. Current state of knowledge regarding South America wetlands and their future under global climate change. Aquatic Sciences **75(1)**: 113-131.

36. Lagerwall, G., Kiker, G., Muñoz Carpena, R. y Wang, N. 2017. Accounting for the Impact of Management Scenarios on *Typha Domingensis* (Cattail) in an Everglades Wetland. Environmental Management **59(1)**: 129-140.

37. LAN. 1992. Ley de Aguas Nacionales. Diario Oficial de la Federación, 1 de diciembre de 1992 (última actualización al 24 de marzo de 2016). 4-5 pp.

38. Legendre, P. y Legendre, L.F. 2012. Numerical ecology (Vol. 24). Elsevier. 853 pp.

39. Lendínez, M. L., Marchal, F.M. y Salazar, C. 2011. Estudio florístico de los medios húmedos salinos de Andalucía (S. España). Catálogo y análisis de la flora vascular halófila. Lagascalia **31(1)**: 77-130.

40. Lefeuvre, J. C., Laffaille, P., Feunteun, E., Bouchard, V. y Radureau, A. 2003. Biodiversity in salt marshes: from patrimonial value to ecosystem functioning. The case study of the Mont-Saint-Michel bay. Comptes Rendus Biologies **326(1)**: 125-131.

41. López Rosas, H. 2007. Respuesta de un humedal transformado por la invasión de la gramínea exótica *Echinochloa pyramidalis Hitchc* y *A. Chase* a los disturbios inducidos (cambios en el hidroperiodo, apertura de espacios y modificación de la intensidad lumínica). Tesis doctoral. Instituto de Ecología A.C., Xalapa, México. 134 pp.

42. López Rosas, H., González, V.E.E. y Moreno-Casasola, P. 2014. Zacate alemán (*Echinochloa pyramidalis*): planta invasora de humedales costeros del sureste mexicano. Investigación ambiental Ciencia y política pública **5(2)**: 53-63.

43. López Rosas, H., Moreno-Casasola, P. y Mendelssohn, A.I. 2006. Effects of experimental disturbances on a tropical freshwater marsh invaded by the African grass Echinochloa pyramidalis. Wetlands **26(2)**: 593-604.

44. Missouri Botanical Garden. 2011. [Actualizado al 10 de junio de 2017] Página electrónica (www.tropicos.org).

45. Mitsch, W. J. y Gosselink, J.G. 2000. The value of wetlands: importance of scale and landscape setting. Ecological economics **35(1)**: 25-33.

46. Montalvo, J. y Herrera, P. 1993. Diversidad de especies de los Humedales: Criterios de Conservación. Ecología **7(1)**: 215-231.

47. Moreno-Casasola, P. y Warner, B.G. 2009. Breviario para describir, observar y manejar humedales. Serie Costa Sustentable no 1. RAMSAR, Instituto de Ecología A.C., CONANP, US Fish and Wildlife Service, US State Department. Xalapa, Ver. México. 406 pp.

48. Moreno-Casasola, P., López Rosas, H., Infante-Mata, D., Peralta, L.A., Travieso Bello, A.C. y Warner, B.G. 2009. Environmental and anthropogenic factors associated with coastal wetland differentiation in La Mancha, Veracruz, Mexico. Plant Ecology **200(1)**: 37-52.

49. Moreno-Casasola, P. 2006. Humedales costeros. En P. Moreno-Casasola, E, Pérez Barbosa y A.C. Travieso Bello. Editores. 2006. Estrategias para el manejo integral de la zona costera: un enfoque municipal. Instituto de Ecología A.C. – Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, SEMARNAT. Xalapa, Ver., México. Volumen II.

50. Moreno-Casasola, P., Infante-Mata, D. y Vigil, G.S. 2010. Veracruz, tierra de ciénagas y pantanos. Gobierno del Estado de Veracruz, Secretaría de Educación del Estado de Veracruz. Comisión del Estado de Veracruz de Ignacio de Llave para la conmemoración de la Independencia Nacional y la Revolución, Veracruz.

51. Moreno-Casasola, P., Cejudo Espinosa, E., Capistrán Barradas, A., Infante-Mata, D., López Rosas, H., Castillo Campos, G., Pale Pale, J. y Campos Cascaredo, A. 2010. Floristic composition, diversity and ecology of freshwater marshes in the central coastal plain of Veracruz, México. Boletín de la Sociedad Botánica de México **87(1)**: 29-50.

52. Novelo, A. y Bonilla, J. 1999. *Nymphaeaceae*. In: Rzedowski, J. y G. Calderón de Rzedowski (eds.). Flora del Bajío y regiones adyacentes. Fascículo 77. Instituto de Ecología, A.C. Centro Regional del Bajío. México

53. Olguín, J.E. 2013. Fitorremediación acuática. Revista internacional de contaminación ambiental **23(3)**: 139-154.

54. Olmsted, I. 1993. Wetlands of Mexico. Wetlands of the world: Inventory, ecology and management **12(1)**: 637-677.

55. Orozco Segovia, A. y Lot Helgueras, A. 1976. La vegetación de las zonas inundables del sureste de Veracruz. Biotica **1(1)**:1-44.

56. Ortiz Reyes, J. L. 2017. Estructura comunitaria de la vegetación litoral del municipio de Tuxpan, Veracruz. POLIBOTANICA **43(1)**: 103-123.

57. Otero J., Gómez, C. y Sánchez, R. 2002. Zonificación de los procesos de salinización de los suelos de Colombia. Subdirección de Geomorfología y Suelos. IDEAM. 44p.

58. Perotti, M. G., Diéguez, M. C., y Jara, F. G. 2005. Estado del conocimiento de humedales del norte patagónico (Argentina): aspectos relevantes e importancia para la conservación de la biodiversidad regional. Revista chilena de historia natural **78(4)**: 723-737.

59. Portilla Ochoa, E., Silva López, G., García Campos, H. y Ramírez Salazar, M. 1998. Paisajes amenazados en el complejo lagunar de Alvarado. G., Silva-López, Vargas G. Montero, y J. Velasco-Toro. De Padre Río y Madre Mar: Reflejos de la Cuenca Baja del Papaloapan, Veracruz. Editora del Gobierno del Estado de Veracruz-Llave, México **2(1)**: 257-263.

60. Ramírez, C., Fariña, J. M., Contreras, D., Camaño, A., San Martín, C., Molina, M. y Pérez, Y. 2014. La diversidad florística del humedal "Ciénagas del Name" (región del Maule) comparada con otros humedales costeros de Chile. Gayana Botánica **71(1)**: 108-119.

61. Ramsar. 2015. [Actualizado el 9 de Febrero de 2015]. Página electrónica (http://www.ramsar.org/es/acerca-de/la-importancia-de-los-humedales).

62. Ramsar. 2015. Valoración económica de los humedales y su destrucción. [Actualizado al 13 de febrero de 2017). Página electrónica (http://ramsar.rgis.ch/pdf/lib/lib_valuation_s.pdf).

63. Ramsar, C. D. 1971. Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas [Actualizado el 21 de Mayo de 2017]. Página electrónica (http://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/current_convention_text_s.pdf).

64. Ratti, J. T. y Edward Oz, G. 1996. Research and experimental design, Techniques for wildlife investigations and management. The Wildlife Society, Bethesda, Maryland, 43-71 pp.

65. Raulings, E. J., Morris, K., Roache, M.C. y Boon, P.I. 2010. The importance of water regimes operating at small spatial scales for the diversity and structure of wetland vegetation. Freshwater Biology **55(3)**: 701-715.

66. Richardson, C.J., King, R.S., Vymazal, J., Romanowicz, E.A. y Pahl, J.W. 2008. Macrophyte community responses in the Everglades with an emphasis on cattail (*Typha domingensis*) and sawgrass (*Cladium jamaicense*) interactions along a gradient of longterm nutrient additions, altered hydroperiod, and fire. En: Richardson C.J. Ed. The Everglades experiments studies. Lessons for

ecosystem restoration, pp. 215-260. Ecological Studies Vol 201. Springer. Nueva York.

67. Ritter, N. P. 2000. Biodiversity and phytogeography of Bolivia's wetland flora. Tesis doctoral. Universidad de New Hampshire. Durham. EUA.

68. Rodríguez Medina, K., Moreno-Casasola, P. y Yáñez Arenas, C. 2017. Efecto de la ganadería y la variación estacional sobre la composición florística y la biomasa vegetal en los humedales de la costa centro oeste del Golfo de México. Acta Botánica Mexicana **1(119)**: 79-99.

69. Shiflet, T. N. 1963. Major ecological factors controlling plant communities in Louisiana marshes. Journal of Range Management **5(16)**: 231-235.

70. Stuip, M. A. M., Baker, C. J. y Oosterberg, W. 2002. The socio-economics of wetlands. Wetlands International and RIZA. The Netherlands.

71. Travieso Bello, A.C., Moreno-Casasola, P. y Campos, A. 2005. Efecto de diferentes manejos pecuarios sobre el suelo y la vegetación en humedales transformados a pastizales. Interciencia **30(1)**: 12-18.

72. Van Der Duim, R. y Henkens, R. 2007. Humedales, reducción de la pobreza y desarrollo del turismo sostenible: oportunidades y limitaciones. Wageningen (Países Bajos): Wetlands International.

73. Visser, J. M., Sasser, C. E., Chabreck, R. H. y Linscombe, R. G. 1998. Marsh vegetation types of the Mississippi River deltaic plain. Estuaries **21(4)**: 818-828.

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

XI. CALENDARIO DE ACTIVIDADES

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

Campus Tuxpan

Maestría en Ciencias del Ambiente

"Distribución de los tipos de vegetación herbácea en los humedales de Tumilco perteneciente al sitio RAMSAR 1602"

C R O N O G R A M A D E A C T I V I D A D E S

ACTIVIDADES	2016																						2017													
	FEB		MAR		ABR		MAY		JUN		JUL		AGO		SEP		OCT		NOV		DIC		ENE		FEB		MAR		ABR		MAY		JUN		JUL	
	1-15	16-28	1-15	16-31	1-15	16-30	1-15	16-31	1-15	16-30	1-15	16-31	1-15	16-31	1-15	16-30	1-15	16-31	1-15	16-30	1-15	16-31	01-31	16-30	1-15	16-28	1-15	16-31	1-15	16-30	1-15	16-31	1-15	16-30	1-15	16-31
Revisión de bibliografía	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Colocación de cuadrantes y piezómetros					■	■																														
Determinación de especies en campo, colecta de ejemplares y obtención de datos de cobertura y riqueza																■														■						
Lectura de parámetros físico-químicos								■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■						
Realización de análisis multivariados de ordenación y clasificación con apoyo del programa PC-ORD versión 6, Past 3 y STATISTICA 7.																																■	■	■		
Redacción de resultados, discusión, conclusiones y aplicaciones prácticas del trabajo																																	■	■	■	
Asesorías con director y co-director	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■