



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA  
UNIDAD XOCHIMILCO**

---

**DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD  
DEPARTAMENTO EL HOMBRE Y SU AMBIENTE  
LICENCIATURA EN BIOLOGÍA**

**INFORME FINAL DE SERVICIO SOCIAL POR ACTIVIDADES RELACIONADAS CON  
LA PROFESION PARA OBTENER EL GRADO DE  
LICENCIADA EN BIOLOGÍA**

# **Desarrollo de modelos ecológicos de Reservas de Agua para el Ambiente**

**QUE PRESENTA LA ALUMNA**

## **Magali Mosco Vargas**

**Matricula: 2132033993**

### **ASESORES**

**EXTERNO**

**INTERNO**

**Mtra. Anayeli Cabrera Murrieta  
Coordinadora para la Atención de  
Humedales y Zonas Costero-Marinas  
CONANP**

**M. en SIG Gilberto Sven Binnquist Cervantes  
No. Económico 20032  
Jefe del Departamento del Hombre y su  
Ambiente**

**Ciudad de México**

**Marzo 2020**

## Resumen

El servicio social se desarrolló en la Coordinación para la Atención de Humedales y Zonas Costero-Marinas que pertenece a la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) con apoyo del World Wildlife Fund México (WWF). El objetivo del servicio social fue representar por medio de hidrofenogramas, la relevancia del caudal ecológico para el mantenimiento de la biodiversidad en cuencas hidrológicas del país que cuenten con Decreto de Reserva de Aguas para el Ambiente. Según Nava (2018) un hidrofenograma es un modelo que representa las relaciones de dependencia que hay en una cuenca, entre flora y fauna con el régimen hidrológico de esta; se compone de dos partes: un hidrograma que representa el régimen hidrológico de la cuenca a través de los años y la parte que representa la fenología de las especies.

Se trabajó con las Áreas Naturales Protegidas (ANP) y sitios Ramsar que se encuentran dentro de la Región Hidrológica San Fernando, localizada en el noreste de la República Mexicana, en los estados de Tamaulipas y Nuevo León. Esta región cuenta con Decreto de Reserva de Aguas para el ambiente.

Debido a que solo se pudieron obtener datos hidrométricos de un ANP, al no haber estaciones hidrométricas en los demás sitios, se concluyó el trabajo solo con el Área Natural Protegida Área de Protección de Flora y Fauna Laguna Madre y Delta del Río Bravo que también es sitio Ramsar.

Se obtuvieron 19 hidrofenogramas. Para la construcción se recibió ayuda de WWF México quienes desarrollaron el hidrograma con información del Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales. La parte que representa la fenología de las especies fue desarrollada a lo largo del servicio social siguiendo los siguientes pasos:

1) Capacitación para adentrarse en el tema 2) Elaboración de un listado de las especies de flora y fauna que se encuentran en el lugar 3) Identificación de especies de prioridad para la CONANP 4) Investigación de la fenología de cada especie.

**Palabras clave:** Reserva de agua, caudal ecológico, hidrofenograma, régimen hidrológico natural

## Índice

1. Marco institucional del programa o proyecto donde se insertan las actividades del servicio social ..3	3
2. Introducción .....	3
3. Antecedentes del programa o proyecto donde se realizaron las actividades del servicio social (en su caso) .....	6
4. Ubicación geográfica del programa o proyecto donde se realizaron las actividades del servicio social .....	7
5. Objetivo general del programa o proyecto donde se realizaron las actividades del servicio social ....	7
6. Especificación y fundamento de las actividades desarrolladas de acuerdo al calendario propuesto .8	8
7. Impacto de las actividades del servicio social en programa o proyecto de adscripción .....	10
8. Aprendizaje y habilidades obtenidas durante el desarrollo del servicio social .....	11
9. Fundamento de las actividades del servicio social .....	11
10. Resultados de las actividades del servicio social.....	11
11. Referencias .....	24

## **1. Marco institucional del programa o proyecto donde se insertan las actividades del servicio social**

La CONANP es un órgano desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Tiene como misión conservar los ecosistemas más representativos de México y su biodiversidad, mediante las Áreas Naturales Protegidas y otras modalidades de conservación, fomentando una cultura de la conservación y el desarrollo sustentable de las comunidades asentadas en su entorno, con criterios de inclusión y equidad (CONANP, 2017).

De acuerdo con el Reglamento interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales en los artículos 70 y 73 fracción XIV y VII se menciona que la función de la CONANP en el marco de la Convención Ramsar por conducto de la Dirección General de Desarrollo Institucional y Promoción es fungir como autoridad designada ante la Convención y coordinarse con las unidades administrativas competentes de dicha secretaría, así como con otras dependencias y entidades de la Administración Pública Federal para aplicar los lineamientos, decisiones y resoluciones derivados de los acuerdos y compromisos adoptados en dicho Convención que fomenten la conservación de las áreas naturales protegidas y sitios Ramsar, sus zonas de influencia, así como la conservación de especies y poblaciones en riesgo, sujetas a programas de conservación de la Comisión.

## **2. Introducción**

En México la Comisión Nacional del Agua ha definido 757 cuencas hidrológicas para propósitos de administración de las aguas nacionales. Las cuencas hidrológicas son unidades del terreno, definidas por la división natural de las aguas debido a la conformación del relieve (CONAGUA, 2017); el aporte de agua proviene de la entrada de ríos y arroyos, precipitación y descarga de aguas subterráneas (Barrios *et al.*, 2011). Comprenden ecosistemas acuáticos (ríos, lagos, lagunas, cenotes, etc.), hábitats y especies que están física y biológicamente relacionados con el flujo del agua y su régimen hidrológico (CONAGUA, 2011).

En el último siglo, el régimen hidrológico natural de los ecosistemas acuáticos del país ha sido modificado debido a la construcción y operación de presas y desviaciones de la corriente que han sido construidas para producir energía hidroeléctrica, asegurar agua con fines agrícolas, industriales y domésticos, o para protegerse frente a las avenidas (Poff *et al.* 1997). Estas construcciones modifican los caudales que circulan por los ríos en condiciones naturales, lo que provoca una transformación de la estructura y funcionamiento del ecosistema y los entornos asociados a este (WWF, 2011) haciendo que la flora y fauna se vea afectada por la alteración de su hábitat debido a que las especies nativas han evolucionado y están adaptadas al régimen hidrológico natural de cada lugar (García, 2008).

La creación de una presa implica la transformación de un tramo de río en un ecosistema de aguas lenticas y crea un obstáculo para la continuidad del río como ecosistema fluvial formando una separación entre los tramos de agua arriba y los de agua debajo de la presa, disminuyendo el caudal en aguas debajo de la presa (García, 2008). La reducción de agua en los caudales tiene un impacto en las condiciones ambientales tanto

físicoquímicas como biológicas del ecosistema, afectando los servicios ambientales que este brinda (Cantera, 2009). Modifica los patrones temporales de inundación que se traducen en determinadas condiciones físicas (profundidad media de encharcamiento, duración, etc.), que ejercen una gran influencia en la presencia y distribución de las comunidades vegetales. Esta vegetación y las condiciones de inundación del río ejercen un papel determinante en el ciclo biológico de peces, anfibios, aves y mamíferos, proporcionando alimento, refugio, etc. (WWF, 2011). En muchas especies los mecanismos que desencadenan procesos biológicos como la migración, reproducción, desove, entre otros, están relacionados con el aumento o disminución del caudal, o cambios de temperatura de las aguas lo que se ve afectado por los cambios en el régimen natural del río (García, 2008). También como resultado de la disminución del caudal y por la disminución de los sedimentos se ve modificado el hábitat aguas debajo de la presa que permite el establecimiento de especies introducidas e invasoras que por competencia, parasitismo o depredación van eliminando a las especies nativas (García, 2008).

Las especies migratorias cuyo ciclo biológico necesita de la continuidad del río para su tránsito, se ven afectadas por las presas que forman barreras para su desplazamiento; ya que requieren encontrar lugares adecuados para la reproducción, desove y desarrollo de los alevines, buscar cauces ricos de alimento, refugios estivales para los individuos de mayor tamaño, o para evitar los problemas de consanguinidad en la reproducción (García, 2008).

Con la finalidad de proteger el agua de los ecosistemas de todo el país CONAGUA con el apoyo de la Alianza entre World Wildlife Fund México (WWF) y Fundación Gonzalo Río Arronte I.A.P. (FGRA) y la participación de la CONANP se desarrolló el Programa Nacional de Reservas de Agua el cual busca conservar los humedales del país y su régimen hidrológico (Barrios *et al.*, 2015); a partir de considerar el caudal ecológico en las cuencas para garantiza la funcionalidad del ciclo hidrológico como fuente de agua y sustento de procesos ecológicos en el ecosistema (Barrios *et al.*, 2011). El caudal ecológico “es la calidad, cantidad y régimen del flujo o variación de los niveles de agua requeridos para mantener los componentes, funciones y procesos de los ecosistemas acuáticos epicontinentales” (NOM-159, 2012). Los objetivos de este programa fueron: Establecer un sistema nacional de reservas de agua y demostrar los beneficios de estas reservas como instrumento garante de la funcionalidad del ciclo hidrológico y sus servicios ambientales (WWF, s.f. a).

La reserva de agua es un instrumento establecido por la Ley de Aguas Nacionales, para cuidar el agua de una cuenca en el presente y futuro. Consiste en destinar una parte del volumen anual que escurre naturalmente en una cuenca para un fin específico, en este caso, para los ecosistemas. Este volumen debe permanecer en el río o cuerpo de agua y por lo tanto no puede ser extraído para ningún uso, salvo en condiciones que pongan en riesgo el suministro de la población (Ley de Aguas Nacionales, 2011)

La propuesta del volumen anual a reservar y el régimen hidrológico que se debe conservar en las reservas de agua para el ambiente se obtiene mediante la aplicación de la Norma Mexicana (NMX-AA-159-SCFI-2012) que

es el instrumento técnico que establece el procedimiento para determinar el caudal ecológico en las cuencas hidrológicas (WWF *et al.*, s.f. b).

Las reservas a gestionar en el Programa Nacional de Reservas de Agua se identificaron a partir de un estudio realizado en el 2011 a cargo de la Alianza WWF-FGRA y la CONAGUA que buscaba las reservas con las condiciones favorables para establecer reservas de agua que en los términos de la Ley de Aguas Nacionales garanticen los flujos para la protección ecológica. Como resultado de este estudio se obtuvieron 189 cuencas con mayor factibilidad para ser reservas potenciales de agua por su riqueza biológica, importancia ecológica y escasa presión hídrica (WWF *et al.*, s. f. a).

La meta de acuerdo a lo establecido en el Programa Nacional Hídrico 2014-2018 es contar en las 189 cuencas hidrológicas con decreto de reserva de agua publicado en el Diario Oficial de la Federación al 2018 (CONANP, 2017). Con esto se lograría conservar la biodiversidad relacionada a las reservas de agua, ya que se garantizaría la funcionalidad ecológica (en términos de su hidrología) en 97 ANP y 55 sitios Ramsar. La reserva de agua en estas unidades de gestión representa un volumen de agua que tiene implicaciones para las fuentes subterráneas, como flujo base o descarga natural, y para las fuentes superficiales, como escurrimiento natural de cuenca propia y tránsitos de aguas arriba y hacia aguas abajo. Esta situación establece conectividad longitudinal y transversal a los cauces para el transporte de agua, nutrientes, sedimentos, y la migración de especies y material genético. Este proceso regula la dinámica de los ecosistemas, y por lo tanto garantiza la conservación de la biodiversidad y de los bienes y servicios asociados a esta (CONAGUA, 2011).

El 3 de julio de 2013 se firmó un Convenio de Concertación, entre la CONANP, CONAGUA y WWF México, con el objetivo de conjuntar esfuerzos bajo el marco del Programa Nacional de Reservas de Agua para asegurar las necesidades hídricas de los ecosistemas del país. Este convenio tiene una vigencia de cinco años y especifica que se elaborará un plan de trabajo anual para dar cumplimiento con el objetivo del convenio (CONANP *et al.*, 2017). En el plan de trabajo del periodo 2017-2018 se incluye el tema “Gestión para integrar las reservas de agua y evaluación de caudal ecológico en la conservación de los humedales y su régimen hidrológico” (CONANP *et al.*, 2017). Entre las actividades a desarrollar para este tema se encuentra el desarrollo de hidrofenogramas, los cuales serán utilizados por la Coordinación para la atención a humedales para comunicar asertivamente con diferentes actores, cuál es la relevancia que tiene el Caudal Ecológico en cuencas hidrológicas del país que cuenten con decreto de Reservas de agua para la conservación de especies y su territorio en Áreas Naturales Protegidas y Humedales de Importancia Internacional (Sitios Ramsar).

Los hidrofenogramas son llamados así al interior del Programa Nacional de Reservas de Agua, en el estudio técnico justificativo que recomienda al ejecutivo federal, los volúmenes de caudal ecológico y del porque reservar agua en una cuenca para el proceso de decreto de Reserva de agua (Nava, 2018).

Un Hidrofenograma (figura 1) es un modelo conceptual eco-hidrológico que representa las relaciones de dependencia en una cuenca entre la flora y fauna con el régimen hidrológico de esta (Nava, 2018). Se desarrollan siguiendo el modelo ecológico del Río Sabana de Richter, s.f. que se compone de dos partes:

- Hidrograma: Es la representación gráfica de las variaciones del caudal de una corriente con respecto al tiempo, arregladas en orden cronológico. Se elabora con los valores del escurrimiento total que pasa en un lugar dado del cauce ( $m^3/s$ ) en el tiempo (meses) (Villón, 2004).
- Fenología de las especies: Representa el periodo del año en que una especie requiere de cierto caudal para llevar a cabo alguna parte de su ciclo de vida. Se elabora con datos de la fenología de cada una de las especies respecto al caudal (Nava, 2018).

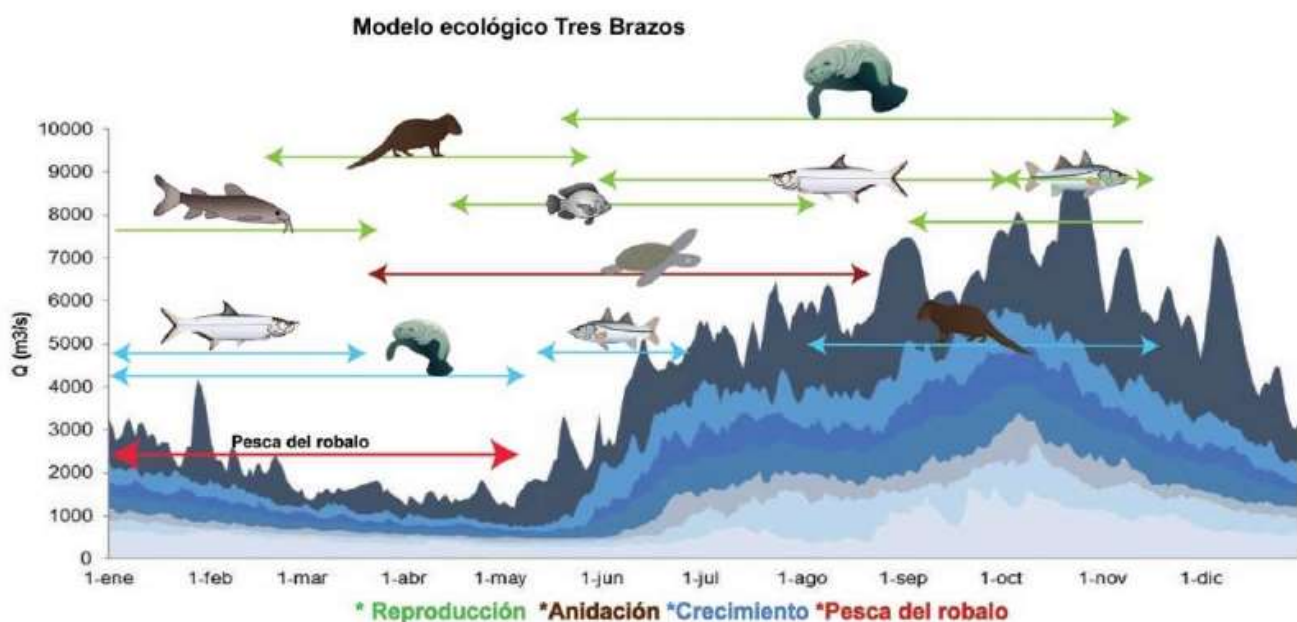


Figura 1 Hidrofenograma  
Fuente: WWF *et al.*, s.f.

### 3. Antecedentes del programa o proyecto donde se realizaron las actividades del servicio social (en su caso)

Los hidrofenogramas son utilizados en los estudios técnico justificativos que recomiendan al ejecutivo federal, los volúmenes de caudal ecológico y del porque reservar agua en una cuenca para el proceso de Decreto de Reserva de Aguas (Nava, 2018).

Fueron realizados por primera vez para el Programa Nacional de Reservas de Agua para el Ambiente por WWF México, en la Ficha técnica de la Subregión hidrológica del río Usumacinta, donde trabajaron en tres zonas a lo largo de la cuenca: Zona 1 Lacantún; Zona 2 Jonuta – Catazajá y Zona 3 Tres Brazos. Obteniendo para cada

zona un hidrofenograma de fauna, uno de flora de selvas inundables, uno de manglares y dos de recursos alimenticios de algunas especies (WWF *et al.*, s. f.).

#### **4. Ubicación geográfica del programa o proyecto donde se realizaron las actividades del servicio social**

El servicio social se desarrolló en la Coordinación para la Atención a Humedales que pertenece a la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) ubicada en Avenida Ejército Nacional 223, Colonia Anáhuac, Alcaldía Miguel Hidalgo, Ciudad de México y en las oficinas de World Wildlife Fund México (WWF) ubicada en Avenida México 51, Hipódromo, Alcaldía Cuauhtémoc, Ciudad de México.

El programa “Desarrollo de modelos ecológicos de Reservas de Agua para el Ambiente” es parte de las actividades que integran el plan de trabajo del periodo 2017-2018 del Convenio de Concertación, entre la CONANP, CONAGUA y WWF México, donde se incluye el tema “Gestión para integrar las reservas de agua y evaluación de caudal ecológico en la conservación de los humedales y su régimen hidrológico” (CONANP, 2017). Entre las actividades a desarrollar en este tema se encuentra la elaboración de hidrofenogramas; los cuales serán insumos que la Coordinación para la Atención a Humedales, utilizará para comunicar asertivamente con diferentes actores, cuál es la relevancia que tiene el Caudal Ecológico en cuencas hidrológicas del país que cuenten con decreto de Reservas de agua para la conservación de especies y su territorio en Áreas Naturales Protegidas y Humedales de Importancia Internacional (Sitios Ramsar).

#### **5. Objetivo general del programa o proyecto donde se realizaron las actividades del servicio social**

Integrar las reservas de agua y evaluación de caudal ecológico en la conservación de humedales y su régimen hidrológico en Áreas Naturales Protegidas y humedales de importancia internacional (Ramsar).

##### **Objetivo general del servicio social**

Representar, por medio de modelos conceptuales eco-hidrológicos (hidrofenogramas), la relevancia del caudal ecológico para el mantenimiento de la biodiversidad en la Región Hidrológica de San Fernando.

##### **Objetivos particulares del servicio social**

- Integrar información bibliográfica y elaborar listados de las especies relacionadas directa o indirectamente con el régimen hidrológico de la Región Hidrológica de San Fernando.
- Identificar objetos de conservación que son sensibles a variaciones en el caudal ecológico.
- Conocer la fenología de las especies prioritarias para la CONANP.
- Desarrollar hidrofenogramas con la información de la fenología de las especies y datos hidrométricos de la Región Hidrológica de San Fernando.



## 6. Especificación y fundamento de las actividades desarrolladas de acuerdo con el calendario propuesto

### CALENDARIO PROPUESTO

MES	SEPT							OCTUBRE							NOVIEMBRE							DICIEMBRE							ENERO							FEBRERO							MARZO						
ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29																				
Capacitación	■																																																
<b>HIDROFENOGRAMA 1</b>																																																	
Búsqueda de información bibliográfica								■	■	■																																							
Identificación de especies prioritarias para la CONANP											■	■	■																																				
Investigación de la Fenología de cada especie prioritaria														■	■	■																																	
Elaboración de hidrofenoograma																	■	■																															
<b>HIDROFENOGRAMA 2</b>																																																	
Búsqueda de información bibliográfica																					■	■	■																										
Identificación de especies prioritarias para la CONANP																						■	■	■																									
Investigación de la Fenología de cada especie prioritaria																									■	■	■																						
Elaboración de hidrofenoograma																											■	■																					

El primer mes y medio se dedicó a capacitación en temas relacionados al programa. En las siguientes semanas se realizaron dos hidrofenogramas, uno cada diez semanas; de las cuales las primeras tres se dedicaron a la búsqueda de información bibliográfica, las siguientes tres a la identificación de las especies con las que se trabajó, otras tres en investigar la Fenología de cada especie y dos semanas para realizar el hidrofenoograma con la información previamente obtenida.

### ACTIVIDADES REALIZADAS EN EL SERVICIO SOCIAL

#### • Capacitación

Las primeras siete semanas se dedicaron a capacitación a través de pláticas que se llevaron a cabo en las oficinas de CONANP y WWF con personal de la Coordinación para la Atención a Humedales y WWF México, lecturas, videos y asistencia a talleres para adentrarse en los siguientes temas: Áreas Naturales Protegidas, Sitios Ramsar, Reservas de Agua para el Ambiente y gestión integrada de cuencas. Temas que su comprensión fue necesaria para la búsqueda y selección de información.

La CONANP, junto con WWF, asignaron la Región Hidrológica de San Fernando para trabajar con las Áreas Naturales Protegidas y Sitios Ramsar que se encuentran en la región, en función de las características eco-hidrológicas de las cuencas hidrográficas que influyen directamente en dichas áreas naturales.

#### • Búsqueda de información bibliográfica

En las siguientes tres semanas se elaboró un listado de las especies de fauna relacionadas directa o indirectamente con el régimen hidrológico del sitio. A partir de la búsqueda de información bibliográfica en:

- Banco de información CONANP.
- Programas de manejo de las Áreas Naturales Protegidas.
- Fichas Informativas de los Sitios de Ramsar
- Listados de la CONABIO

Se buscó información de los siguientes sitios:

## Áreas Naturales Protegidas

- Área de Protección de Flora y Fauna Laguna Madre y Delta del Río Bravo
- Santuario Playa de Rancho Nuevo

## Sitios Ramsar

- Laguna Madre
- Playa Tortuguera Rancho Nuevo
- Baño de San Ignacio

- **Identificación de especies de prioridad para la CONANP**

A partir del listado general en las siguientes tres semanas, se seleccionaron aquellas especies que son sensibles a variaciones del caudal, utilizando los siguientes criterios:

1. Especies que habitan aguas dulces o salobres, o se asocian a presencia de agua.
2. Especies que requieren de variaciones en el caudal para llevar a cabo alguna etapa de su ciclo biológico.
3. Especies con mayor importancia biológica, si se encuentran bajo alguna categoría de riesgo según la NOM-059-SEMARNAT-2010 e importancia comercial.

Se obtuvieron un total de 16 especies de fauna.

Con este listado se realizó una videollamada con los encargados del Área de Protección de Flora y Fauna Laguna Madre y Delta del Río Bravo, personas de CONANP y WWF México, donde se presentó el listado y se establecieron las 8 especies de prioridad para la CONANP.

- **Investigación de la fenología de cada especie prioritaria**

Las siguientes tres semanas se utilizaron en la búsqueda de la fenología de cada una de las especies por medio de bibliografía y entrevistas a expertos en el tema de la fenología de cada especie. Con esta información se integró un documento que describe la fenología de las especies con relación al régimen hidrológico y se presentó a CONANP y WWF.

- **Elaboración de hidrofenograma**

En las siguientes dos semanas se elaboró el hidrofenograma de fauna, siguiendo el modelo ecológico del Río Sabana de Richter, s.f. que se componen de las siguientes partes:

- El hidrograma que representa la variación del caudal ecológico. Esta parte se realizó con el apoyo de WWF con los datos hidrométricos obtenidos de las estaciones hidrométricas que se encuentran en la Laguna Madre utilizando información del Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales de CONAGUA.

Debido a que solo se pudieron obtener datos hidrométricos de un ANP, al no haber estaciones hidrométricas en los demás sitios, se concluyó el trabajo solo con el Área Natural Protegida Área de Protección de Flora y Fauna Laguna Madre y Delta del Río Bravo que también es sitio Ramsar.

- La parte que representa la fenología de las especies prioritarias se elaboró con la información obtenida en la investigación de cada especie.

En las siguientes once semanas se desarrollaron 7 hidrofenogramas de flora, siguiendo los mismos pasos para el desarrollo de los hidrofenogramas de fauna. Se agregaron dos objetos de conservación de los cuales también se realizaron hidrofenogramas: las marismas y lagunas de agua dulce.

Los resultados se expusieron a las integrantes de la Coordinación para la Atención de Humedales y Zonas Costero-Marinas.

## **7. Impacto de las actividades del servicio social en programa o proyecto de adscripción.**

Los hidrofenogramas desarrollados en este servicio social, serán insumos que la Coordinación para la Atención de Humedales y Zonas Costero-Marinas, utilizará para comunicar asertivamente con diferentes actores, cuál es la relevancia que tiene el Caudal Ecológico para la conservación de especies y su territorio en la Laguna Madre considerada Área Natural Protegida y sitio Ramsar.

Una de las problemáticas que ha llevado a la pérdida de la biodiversidad y al deterioro de la función del ecosistema acuático, ha sido la modificación humana del régimen hidrológico natural a través de la construcción y operación de presas y desviaciones de la corriente (Poff *et al.* 1997).

En el ANP Laguna Madre y Delta del Río Bravo existen varias construcciones como es el caso de la Presa Vicente Guerrero que limita el aporte de agua del Río Soto La Marina al sistema del cuerpo de agua Laguna Madre (SEMARNAT y CONANP, 2015). En laguna la Nacha ubicada en el delta del Río Conchos-San Fernando, el uso excesivo de agua para riego agrícola y la construcción de represas provoca que el volumen de agua varíe en periodos de tiempo cortos (DUMAC, 2007). Y en la actualidad según el Periódico Oficial de Tamaulipas (2019) se encuentra en construcción el puerto de Matamoros que iniciará sus operaciones en el 2019.

Estas construcciones modifican el régimen hidrológico natural que organiza y define el ambiente físico, y por ende, el ecosistema. La relación que hay entre el régimen hidrológico y los factores bióticos del ecosistema consiste en que los patrones temporales de inundación se traducen en determinadas condiciones físicas (profundidad media de encharcamiento, duración, etc.), que ejercen una gran influencia en la presencia y distribución de las comunidades vegetales. Esta vegetación y las condiciones de inundación del río ejercen un papel determinante en el ciclo biológico de peces, anfibios, aves y mamíferos, proporcionando alimento, refugio, etc. (WWF, 2011). La calidad, cantidad y régimen del flujo o variación de los niveles de agua requeridos para que las especies puedan llevar a cabo su ciclo de vida se le conoce como caudal ecológico. Por lo que se busca comunicar la importancia que tiene este caudal ecológico para las especies del lugar.

## **8. Aprendizaje y habilidades obtenidas durante el desarrollo del servicio social**

El servicio social contribuyó a ampliar habilidades, competencias y conocimientos que como Bióloga de la UAM Xochimilco permitirán la participación en el diagnóstico, gestión y planeación del uso, conservación y restauración de los recursos naturales.

Permitió la aplicación de conocimiento que se obtuvo en la carrera y el aprendizaje sobre los siguientes temas: Áreas Naturales Protegidas, Sitios Ramsar, Decretos de Reserva de Aguas para el Ambiente, régimen hidrológico natural, caudal ecológico, flora y fauna de los humedales de la Región Hidrológica de San Fernando y fenología de algunas especies con relación al caudal.

Se aprendió a utilizar el Sistema de Información Geográfica QGIS para localizar las Áreas Naturales Protegidas y sitios Ramsar que se encuentran dentro del límite de la región hidrológica San Fernando, y a realizar hidrogramas a partir de datos información del Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales de CONAGUA.

## **9. Fundamento de las actividades del servicio social**

El plan de trabajo del periodo 2017-2018 del Convenio de Concertación, entre la CONANP, CONAGUA y WWF México, incluye el tema “Gestión para integrar las reservas de agua y evaluación de caudal ecológico en la conservación de los humedales y su régimen hidrológico” (CONANP, 2017). Entre las actividades a desarrollar en este tema se encuentra la elaboración de hidrofenogramas; los cuales serán insumos que la Coordinación para la Atención de Humedales y Zonas Costero-Marinas utilizará para comunicar asertivamente con diferentes actores, cuál es la relevancia que tiene el Caudal Ecológico en cuencas hidrológicas del país que cuenten con Decreto de Reserva de Aguas para la conservación de especies y su territorio en Áreas Naturales Protegidas y Humedales de Importancia Internacional (Sitios Ramsar).

Las actividades realizadas en el servicio social se relacionan con lo aprendido en el décimo trimestre “Análisis de comunidades” donde el problema eje es conocer los factores que determinan la composición, estructura y funcionamiento de las comunidades y cuáles son los efectos de las alteraciones naturales y antropogénicas como medio de recuperación y mejoramiento de ecosistemas; al estudiar la alteración que produce en la comunidad de la Región hidrológica de San Fernando la modificación del régimen hidrológico natural de las cuencas.

## **10. Resultados de las actividades del servicio social**

### **HIDROFENOGRAMAS LAGUNA MADRE**

El listado inicial tuvo un total 1052 especies, de las cuales 613 fueron de fauna y 439 de flora.

La lista final que se obtuvo a partir de las tres selecciones resultó de un total de 26 especies Tabla 1.

**Tabla 1: Número de especies obtenidas en la lista inicial y final.**

GRUPO	LISTA INICIAL	PRIMERA SELECCIÓN <ul style="list-style-type: none"> <li>Habitan aguas dulces o salobres</li> <li>Se asocian a presencia de agua</li> </ul>	SEGUNDA SELECCIÓN <ul style="list-style-type: none"> <li>Requieren de variaciones en el caudal para llevar a cabo alguna etapa de su ciclo biológico</li> </ul>	TERCERA SELECCIÓN <ul style="list-style-type: none"> <li>Listado en la NOM-059-SEMARNAT-2010</li> <li>Importancia comercial</li> <li>Importancia biológica</li> </ul>
Mamíferos	62	5	3	3
Anfibios	15	14	4	2
Reptiles	50	16	9	4
Aves	266	111	51	3
Peces	98	93	47	4
Invertebrados	122	11	11	0
<b>FAUNA</b>	<b>613</b>	<b>177</b>	<b>109</b>	<b>16</b>
<b>FLORA</b>	<b>439</b>	<b>74</b>	<b>34</b>	<b>10</b>
<b>TOTAL</b>	<b>1052</b>			<b>LISTA FINAL 26</b>

En la videollamada que se llevó a cabo con los encargados del Área de Protección de Flora y Fauna Laguna Madre y Delta del Río Bravo, personas de CONANP y WWF México se presentó la lista final de las 26 especies. A partir de esta lista los encargados de la ANP Laguna Madre eliminaron o cambiaron algunas especies por otras que consideraban de mayor relevancia para el sitio (marcadas con gris). Determinando un total de 8 especies de fauna y 7 de flora Tabla 2. y Tabla 3.

**Tabla 2: Especies de fauna presentadas en la videollamada y las especies finales.**

GRUPO	LISTA QUE SE PRESENTÓ EN LA VIDEOLLAMADA	MOTIVO POR EL QUE SE ELIMINO	LISTA FINAL
Mamíferos	Castor americano ( <i>Castor canadensis</i> )	Se eliminaron debido a que no se han tenido registros de las especies en los últimos años	Delfín nariz de botella ( <i>Tursiops truncatus</i> )
	Nutria de río ( <i>Lontra longicaudis</i> )		
	Delfín nariz de botella ( <i>Tursiops truncatus</i> )		
Reptiles	Cocodrilo de pantano ( <i>Crocodylus moreletii</i> )	Se cambiaron por tortuga verde y tortuga lora debido a que hay mayor presencia de estas especies en la laguna	Tortuga verde ( <i>Chelonia mydas</i> )
	Tortuga caguama ( <i>Caretta caretta</i> )		Tortuga lora ( <i>Lepidochelys kempii</i> )
	Tortuga de concha blanda ( <i>Apalone spinifera</i> )		
	Tortuga gravada ( <i>Trachemys scripta</i> )		
Anfibios	Rana leopardo ( <i>Lithobates berlandieri</i> )	Se eliminaron debido a que en la priorización quedaron en último lugar	
	Tritón ( <i>Notophthalmus meridionalis</i> )		

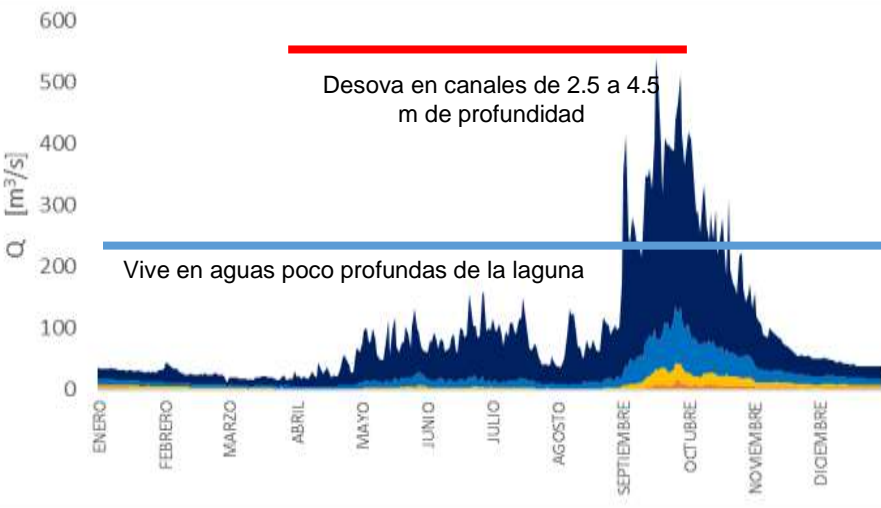

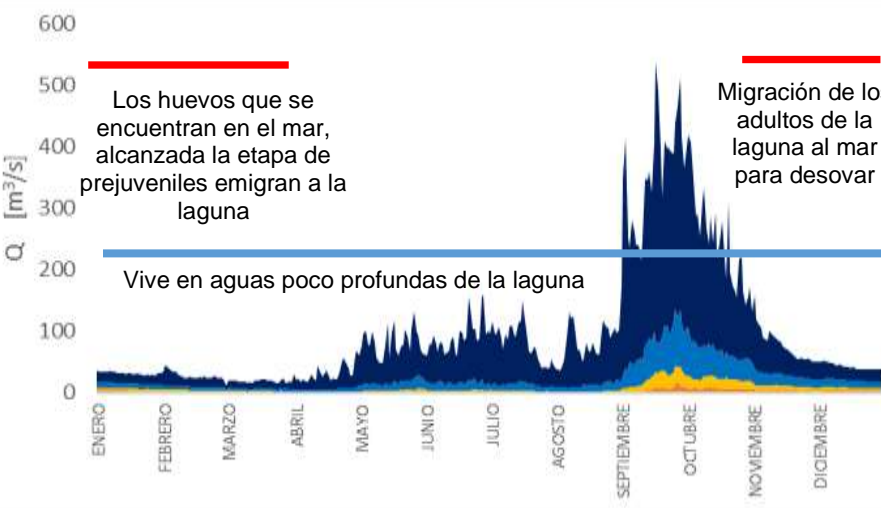

Aves	Pato de cabeza roja ( <i>Aythya americana</i> )		Pato de cabeza roja ( <i>Aythya americana</i> )
	Pato tejano ( <i>Anas fulvigula</i> )	Se cambiaron por la garza rojiza que requiere de una profundidad específica para alimentarse	Garza rojiza ( <i>Egretta rufescens</i> )
	Gallareta americana ( <i>Fulica americana</i> )		
Peces	Bagre boca chica ( <i>Ariopsis felis</i> )	Se cambiaron por la lisa y la trucha de mar que son especies de importancia comercial	Lisa ( <i>Mugil cephalus</i> )
	Robalo blanco ( <i>Centropomus undecimalis</i> )		Trucha de mar ( <i>Cynoscion nebulosus</i> )
	Catán aguja ( <i>Lepisosteus osseus</i> )		
	Carpa de pilón ( <i>Notropis aguirrepequenoi</i> )		
Invertebrados		Se agregó debido a que es una especie de importancia comercial	Camarón café ( <i>Farfantepenaeus aztecus</i> )

**Tabla 3: Especies de flora presentadas en la videollamada y las finales.**

GRUPO	LISTA QUE SE PRESENTÓ EN VIDEOLLAMADA		FINAL
Mangle	Mangle rojo ( <i>Rhizophora mangle</i> )		Mangle rojo ( <i>Rhizophora mangle</i> )
	Mangle negro ( <i>Avicennia germinans</i> )		Mangle negro ( <i>Avicennia germinans</i> )
	Mangle blanco ( <i>Laguncularia racemosa</i> )		Mangle blanco ( <i>Laguncularia racemosa</i> )
	Mangle botoncillo ( <i>Conocarpus erectus</i> )		Mangle botoncillo ( <i>Conocarpus erectus</i> )
Pastos marinos	Pasto de los bajos ( <i>Halodule wrightii</i> )		Pasto de los bajos ( <i>Halodule wrightii</i> )
	Pasto de manatí ( <i>Syringodium filiforme</i> )		Pasto de manatí ( <i>Syringodium filiforme</i> )
	Ocoshal de agua ( <i>Ruppia maritima</i> )	Se cambiaron por hierba de tortuga que tiene mayor presencia en la laguna	Hierba de tortuga ( <i>Thalassia testudinum</i> )
	<i>Sagittaria latifolia</i>		
Árboles	Amate negro ( <i>Ficus cotinifolia</i> )	Se elimino debido a que no se ha registrado	
	Sauce ( <i>Salix humboldtiana</i> )	Se elimino debido a que en la priorización quedo en último lugar	

Se desarrollaron 19 hidrofenogramas; 8 para cada una de las especies de fauna y uno general Tabla 4., 7 para cada una de las especies de flora, uno general de flora, uno de pastos marinos, uno de marismas y uno de las lagunas de agua dulce Tabla 5.

**Tabla 4: Hidrofenogramas fauna**

<b>PECES</b>		
<b>Importancia</b>	<b>Necesidades hidrológicas</b>	<b>Hidrofenograma por especie</b>
<b>Trucha de mar (<i>Cynoscion nebulosus</i>)</b>		
<p>Especie de importancia comercial que se captura en Laguna madre (SEMARNAT y CONANP, 2015).</p>	<p>Se encuentra en la laguna toda su vida en aguas poco profundas sobre pastos marinos (Banks, 1991).</p> <p>Comienza a desovar a principios de época de lluvias (Ordoñez, 1995)</p> <p>De fines de marzo a fines de septiembre desova en canales profundos de 2.5 a 4.5 m que se encuentren cerca de camas de pastos marinos (Banks, 1991).</p>	 <p style="text-align: center;"> <span style="color: red;">■</span> Reproducción  <span style="color: blue;">■</span> Hábitat         </p>  <p style="text-align: right;">Fuente: fishbase.org</p>
<b>Lisa (<i>Mugil cephalus</i>)</b>		
<p>La pesquería de lisa en Laguna madre desde el punto de vista de volumen de producción, es la más importante de México (INAPESCA, 2012).</p>	<p>Vive en la laguna en aguas de poca profundidad con fondos arenosos. A los tres años alcanzada la madurez sexual durante el periodo de reproducción (noviembre a enero) los adultos se mueven en cardúmenes cerca de la superficie y migran de la laguna hacia el mar para desovar (Santiago, 1987; Harrison, 1995).</p> <p>Los adultos regresan a la laguna, los huevos y larvas permanecen en el mar hasta ser prejuveniles, alcanzada esta etapa, emigran en cardúmenes a la laguna a aguas muy poco profundas, lo cual los protege de depredadores al tiempo que provee alimentos, arribando a principios de primavera (Harrison, 1995; INAPESCA, 2012; FAO, 2009).</p>	 <p style="text-align: center;"> <span style="color: red;">■</span> Reproducción  <span style="color: blue;">■</span> Hábitat         </p>  <p style="text-align: right;">Fuente: fishbase.org</p>

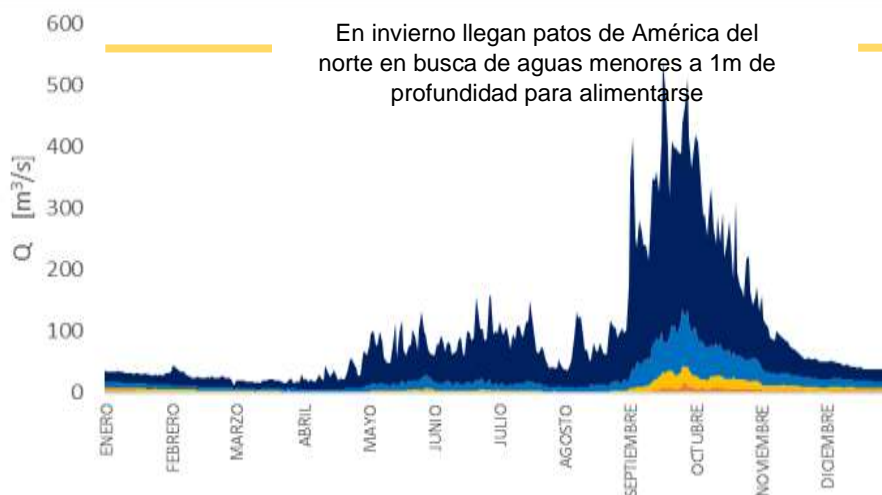
## AVES

### Pato cabeza roja (*Aythya americana*)

Durante el invierno la laguna madre de Texas y Tamaulipas alberga el 80% de los patos de cabeza roja de América del norte (DUMAC, 2018).

En invierno llegan a la laguna patos de cabeza roja provenientes de América del norte en busca de aguas menores a un metro de profundidad para alimentarse de los rizomas del pasto marino (*Halodule wrightii*) que se encuentran en el fondo de la laguna (Mitchell, 1992).

Este requerimiento de profundidad se debe a que solo son capaces de bucear hasta un metro para llegar a los rizomas (Audubon, 2019).



■ Alimentación



Autor: Greg Gillson

### Garza rojiza (*Egretta rufescens*)

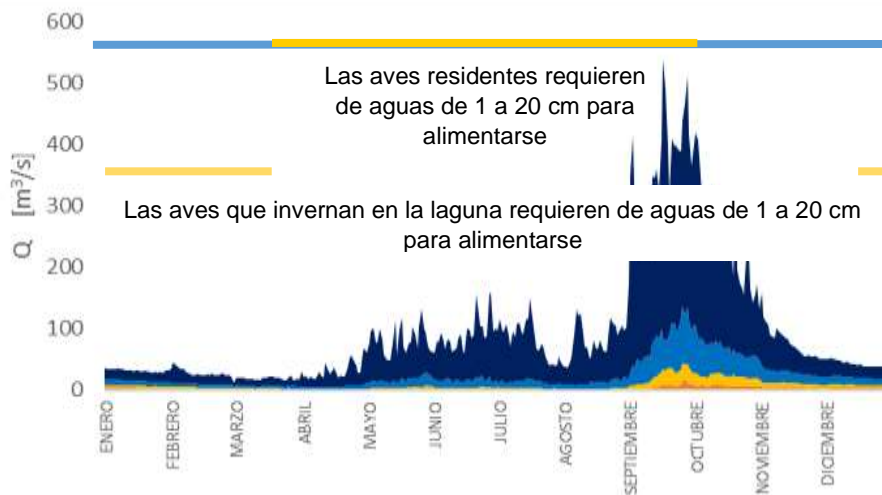
Sujeta a protección especial de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Las aves residentes requieren en primavera y verano mayor cantidad de hábitat de forrajeo para alimentarse mientras se reproducen debido a que sus requerimientos energéticos son mayores (Lowther y Paul, 2002). Este hábitat es de aguas poco profundas de 1 a 20 cm (Bates *et al.*, 2016).

Se la encuentra en cantidades significativas anidando e invernando en Laguna Madre (SEMARNAT y CONANP, 2015).

En invierno incrementa la población de garzas rojizas con la llegada de individuos migratorios procedentes de América del norte en busca de hábitat de forrajeo (Geary *et al.*, 2015).

Aguas poco profundas ya que es más fácil obtener el alimento.



■ Alimentación

■ Hábitat



Fuente: Arthur Morris/VIREO



## REPTILES

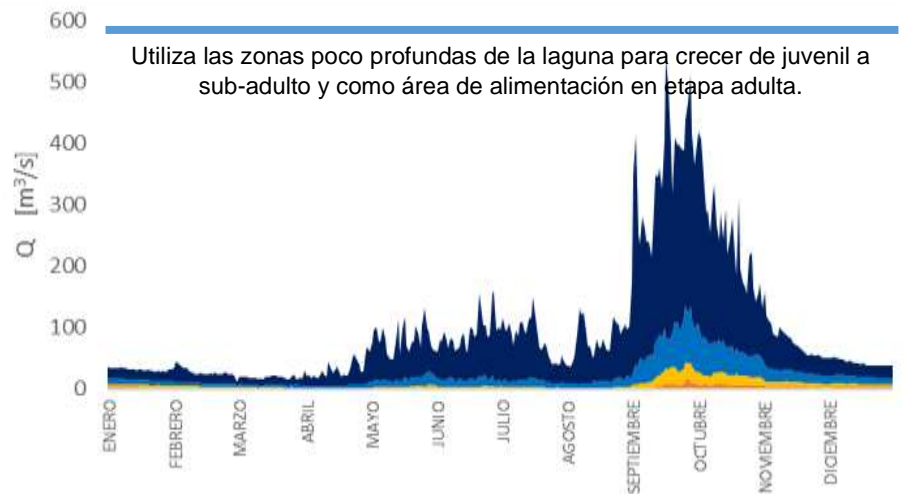
### Tortuga verde (*Chelonia mydas*)

Especie en peligro de extinción de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-059-Semarnat-2010).

Desova en las playas de las islas de barrera (SEMARNAT y CONANP, 2015).

Especie marina que utiliza la laguna para crecer de juvenil a sub-adulto y como área de alimentación en etapa adulta (Sea Turtle Conservancy, 2015a).

Cerca de los tres años (juvenil), las tortugas llegan a la laguna en busca de lechos de pastos marinos de poca profundidad para refugiarse, descansar y alimentarse de pastos marinos y algas rojas hasta cumplir los 10 años (sub-adultos) (Sea Turtle Conservancy, 2015a; Metz y Landry, 2013).



■ Hábitat



Autor: Xanthe Rivett

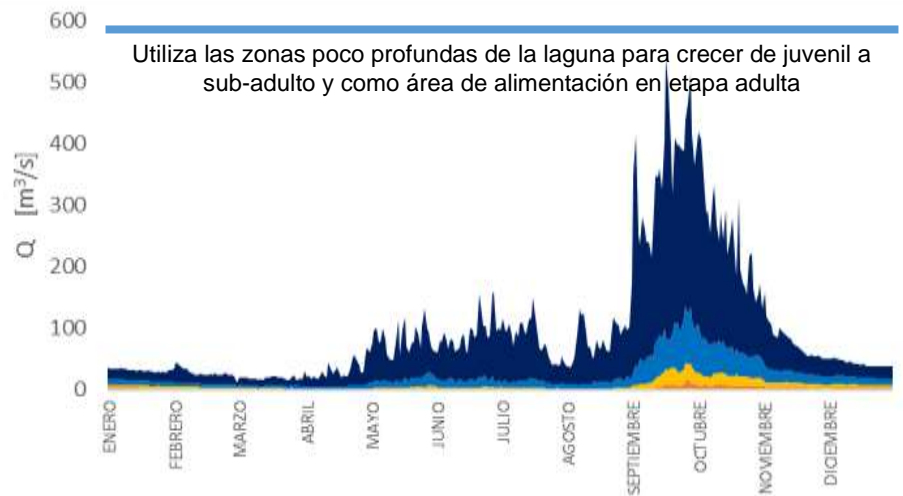
### Tortuga lora (*Lepidochelys kempii*)

Especie en peligro de extinción de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-059-Semarnat-2010

Desova en las playas de las islas de barrera (SEMARNAT y CONANP, 2015).

Especie marina que utiliza la laguna para crecer de juvenil a sub-adulto y como área de alimentación en etapa adulta (Sea Turtle Conservancy, 2015b).

Cerca de los dos años (juvenil), las tortugas llegan a la laguna para habitar y alimentarse de cangrejos y moluscos en aguas poco profundas hasta los 12 años (sub-adultos) (Sea Turtle Conservancy, 2015b, Tasha, 2004).



■ Hábitat



Fuente: National Park Service

## MAMÍFEROS

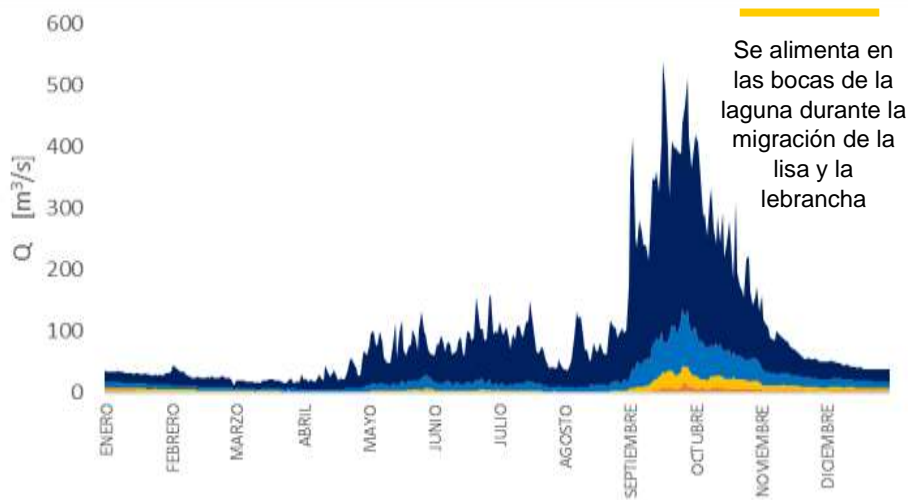
### Tonina (*Tursiops truncatus*)

Especie sujeta a Protección Especial de acuerdo con la NOM-059 SEMARNAT-2010.

Es común que entre a la laguna por las bocas del Mezquital y en la Barra de La Playa frente a Enramadas y en la desembocadura del Río Soto La Marina (SEMARNAT y CONANP, 2015).

Las toninas entran a la laguna en busca de alimento siguiendo los movimientos de la lisa y lebrancha que son los peces de los que se alimenta principalmente (Delgado, 1991).

Requiriendo de niveles de agua de noviembre a enero para alimentarse en las bocas de la laguna de lisa y lebrancha que se encuentran migrando de la laguna al mar para desovar (Delgado, 1991).



Se alimenta en las bocas de la laguna durante la migración de la lisa y la lebrancha

Alimentación



Autor: Tanya Dewey

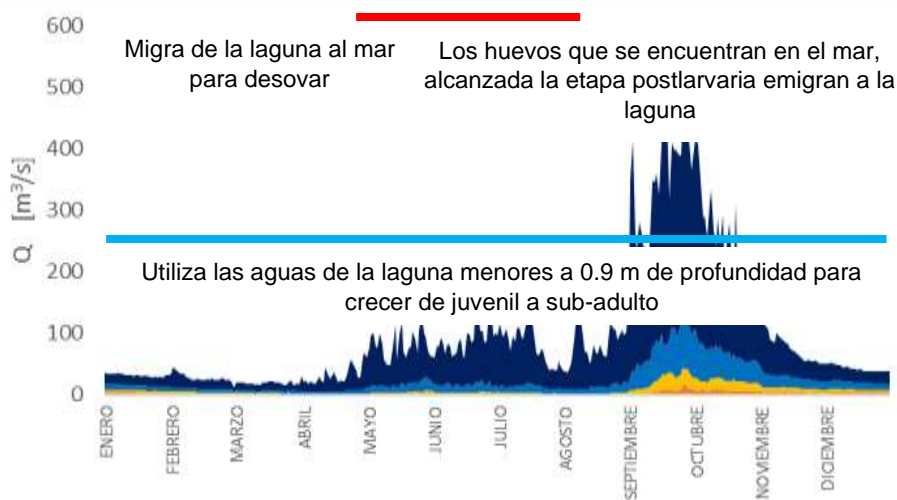
## CRUSTÁCEOS

### Camarón café (*Farfantepenaeus aztecus*)

Se reproduce todo el año siendo el periodo de producción masiva más importante el de primavera (DOF, 2014).

De mayo a julio los camarones requieren de niveles de agua para migran de la laguna al mar para desovar. Los huevos que se encuentran en el mar cuando llegan a la etapa postlarvaria emigran a la laguna en agosto en busca de aguas menores a 0.9 m de profundidad con vegetación y detritus orgánicos para alimentarse y vivir durante la fase juvenil a subadulto. Cumplidos los seis meses (adulto) migra al mar para reproducirse (DOF, 2014).

La pesquería de camarón café en Laguna madre desde el punto de vista de volumen de producción, es de las más importantes de México (Cid, 2011).



Migra de la laguna al mar para desovar

Los huevos que se encuentran en el mar, alcanzada la etapa postlarvaria emigran a la laguna

Utiliza las aguas de la laguna menores a 0.9 m de profundidad para crecer de juvenil a sub-adulto

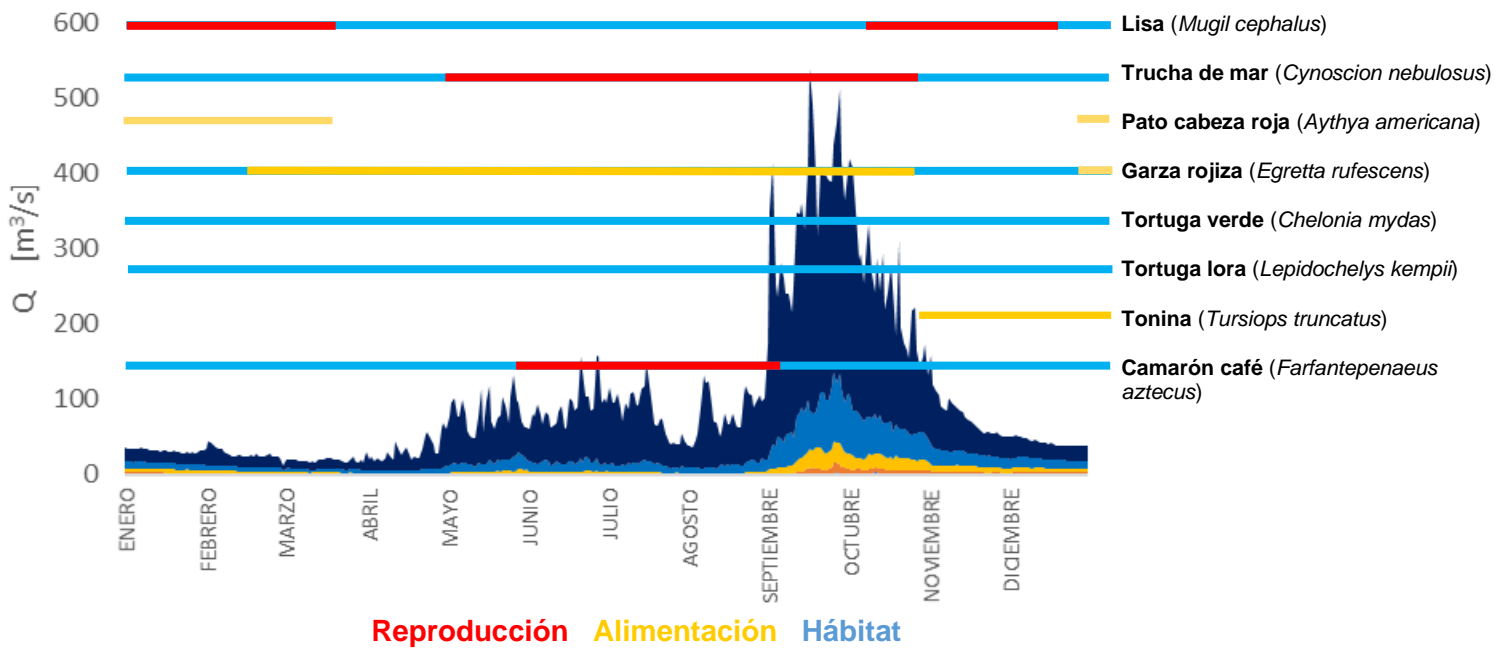
Reproducción

Hábitat



Fuente: txmarspecies.tamug.edu

## HIDROFENOGRAMA DE FAUNA



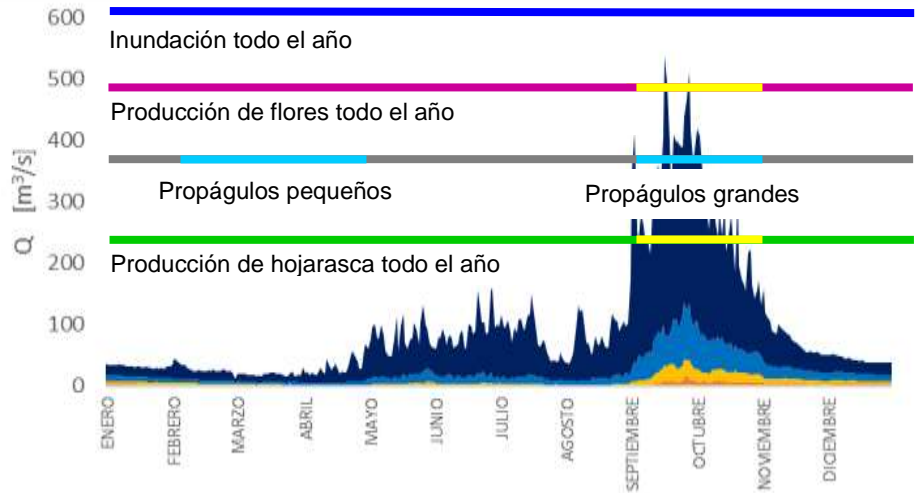
**Tabla 5: Hidrofenogramas flora**

**MANGLAR**

**Mangle rojo (*Rhizophora mangle*)**

Amenazada de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Requiere de inundación todo el año (CONAFOR y CONABIO, s.f. a).  
 Presenta producción permanente de flores y propágulos, siendo mayor en época de lluvias (Domínguez et al., 1998; Tovilla y Orihuela, 2002).  
 Los propágulos de épocas de lluvias son más grandes y pesados por lo que el embrión dispone de mayor reserva nutritiva, lo que le permite flotar durante más tiempo, requiriendo de mayores niveles de agua para su dispersión.  
 En época de secas son más pequeños requiriendo de poca profundidad para establecerse en el sustrato (Tovilla y Orihuela, 2002).  
 Hay producción de hojarasca durante todo el año, siendo mayor en época de lluvias (Agraz et al., 2015).



- Inundación
- Producción de flores
- Producción de propágulos
- Producción de hojarasca
- Aumento

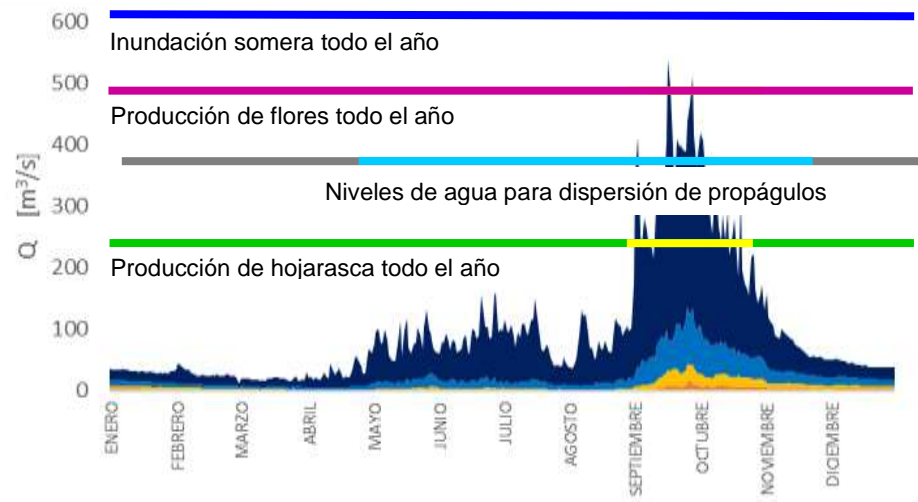


Autor: Hans Hillewaert

**Mangle negro (*Avicennia germinans*)**

Amenazada de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Requiere de inundación somera todo el año (CONAFOR y CONABIO, s.f. b).  
 Presenta producción de flores y propágulos todo el año; requiriendo de niveles de agua para la dispersión de los propágulos (CONAFOR Y CONABIO, s.f. b).  
 Hay producción de hojarasca durante todo el año, siendo mayor en época de lluvias (Agraz et al., 2015).  
 En la laguna *Avicennia germinans* crece de baja altura (1 m) debido al estrés provocado por la alta salinidad (D. Infante, comunicación personal, 5 de septiembre, 2019).



- Inundación
- Producción de flores
- Producción de propágulos
- Producción de hojarasca
- Aumento



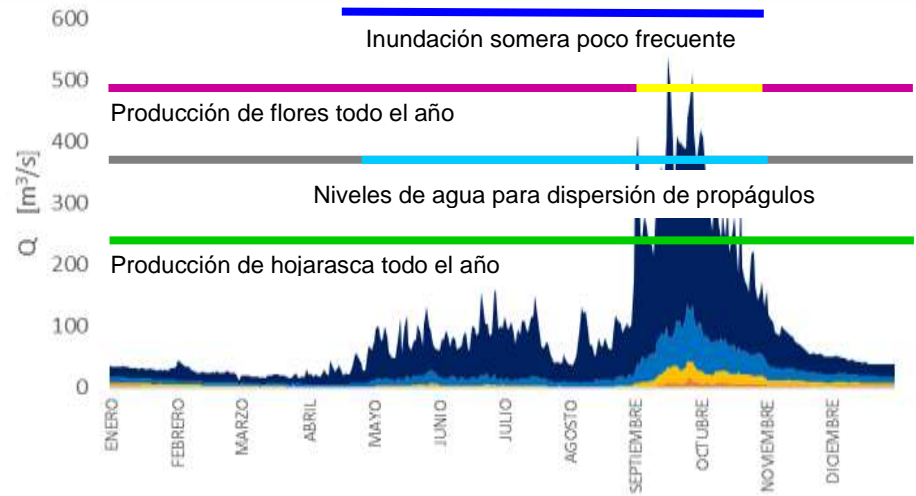
Autor: Judy Gallaghe



### Mangle blanco (*Laguncularia racemosa*)

Amenazada de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Requiere de inundación somera poco frecuente (CONAFOR y CONABIO, s.f. c).  
 Presenta producción de flores todo el año, siendo mayor en época de lluvias (CONABIO-CONANP, 2009; Agraz *et al.*, 2006)  
 Presenta producción de propágulos todo el año, siendo mayor en época de lluvias.  
 Requieren de niveles de agua para flotar y dispersarse (CONABIO-CONANP, 2009).  
 Hay producción de hojarasca durante todo el año (CONAFOR y CONABIO, s.f. c).



- Inundación
- Producción de flores
- Producción de propágulos
- Producción de hojarasca
- Aumento

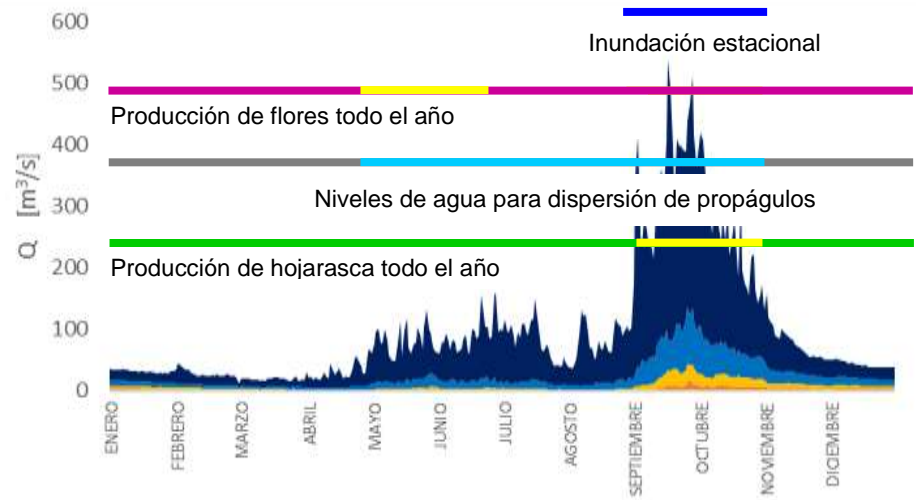


Autor: David Stang

### Mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*)

Amenazada de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Requiere de inundación estacional (CONAFOR y CONABIO, s.f. d).  
 Presenta producción de flores todo el año, iniciando la mayor floración a finales de la época de sequías y termina a principios de verano. Los propágulos se producen todo el año requiriendo de niveles de agua para su dispersión (Hernández, 1999).  
 Presenta producción de hojarasca durante todo el año (CONAFOR y CONABIO, s.f. d) siendo mayor en época de lluvias (Hernández, 1999).



- Inundación
- Producción de flores
- Producción de propágulos
- Producción de hojarasca
- Aumento



Autor: Forest & Kim Starr

## PASTOS MARINOS

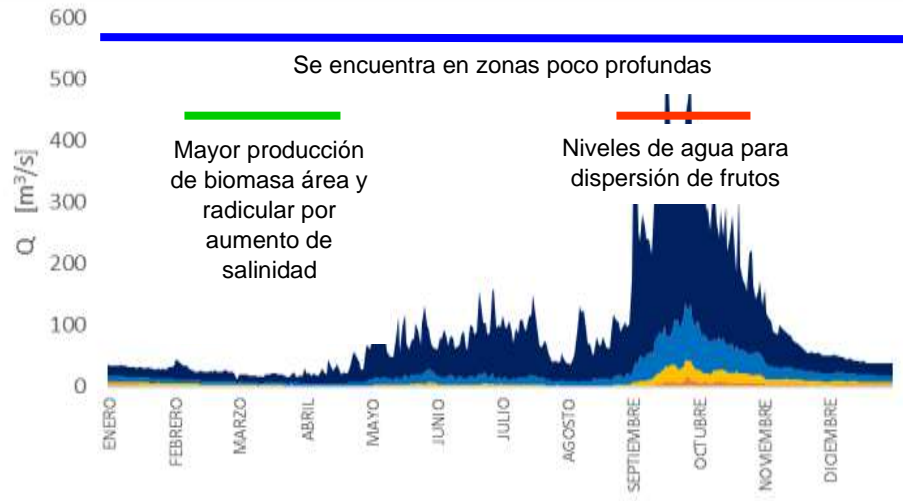
### Hierba de tortuga (*Thalassia testudinum*)

Es fuente de alimento, sitio de crianza, reproducción, refugio y hábitat para muchas especies, tales como peces, moluscos, crustáceos, entre otros, y constituye la base de cadenas alimenticias (Short y Coles, 2001)

Se encuentra en zonas poco profundas de la laguna (SEMARNAT & CONANP, 2015)

Requiere de variaciones de salinidad en el año que afectan la producción de biomasa (Albis, 2010). En época de secas presenta la mayor producción de biomasa aérea y radicular como respuesta al aumento de salinidad (Conde, 2014).

En época de lluvias dispersa semillas y frutos; proceso importante que mantiene la variación genética de la población (Kaldy y Dulton, 1999).



- Profundidad
- Biomasa
- Dispersión de frutos



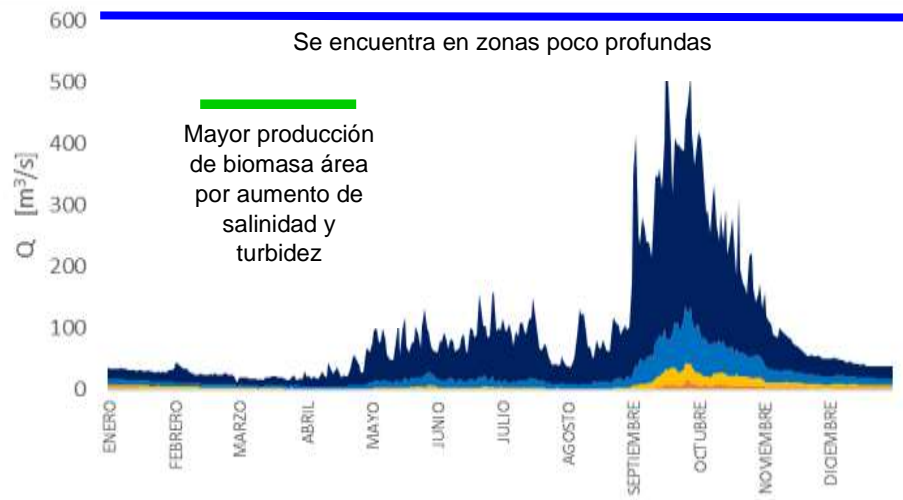
Autor: James St. John

### Hierba de manatí (*Syringodium filiforme*)

Es fuente de alimento, sitio de crianza, reproducción, refugio y hábitat para muchas especies, tales como peces, moluscos, crustáceos, entre otros, y constituye la base de cadenas alimenticias (Short y Coles, 2001)

Se encuentra en zonas poco profundas de la laguna (SEMARNAT & CONANP, 2015)

En época de secas presenta la mayor producción de biomasa aérea como respuesta al aumento de salinidad y turbidez (Martínez, 2005).



- Profundidad
- Biomasa

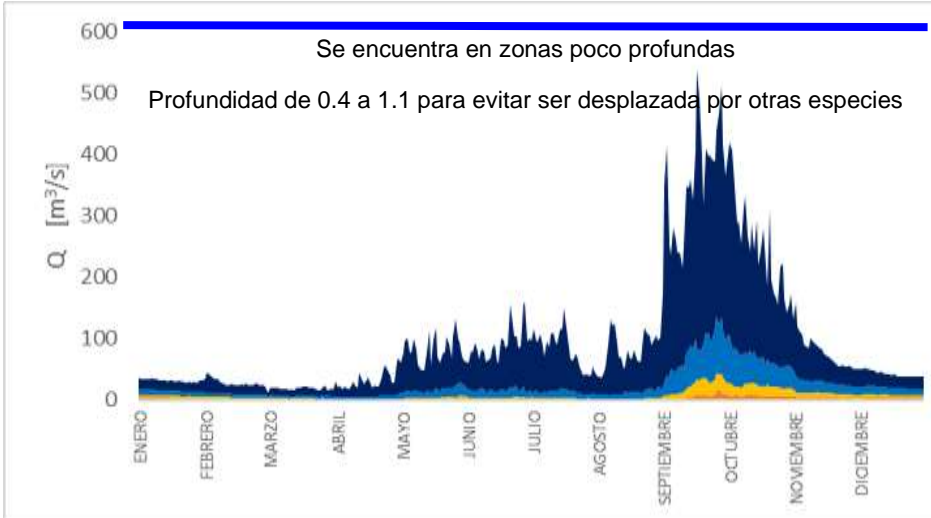


Autor: James St. John 21

### Pasto de los bajos (*Halodule wrightii*)

Es la principal fuente de alimento del pato de cabeza roja (*Aythya americana*) que inverna en la laguna y se alimenta de los rizomas de esta especie (DUMAC, 2018).

Se encuentra en zonas poco profundas de la laguna (SEMARNAT y CONANP, 2015) Requiere de profundidades de 0.4 a 1.1 m para evitar ser desplazada por otras especies de pastos marinos (Tolan, 1997).

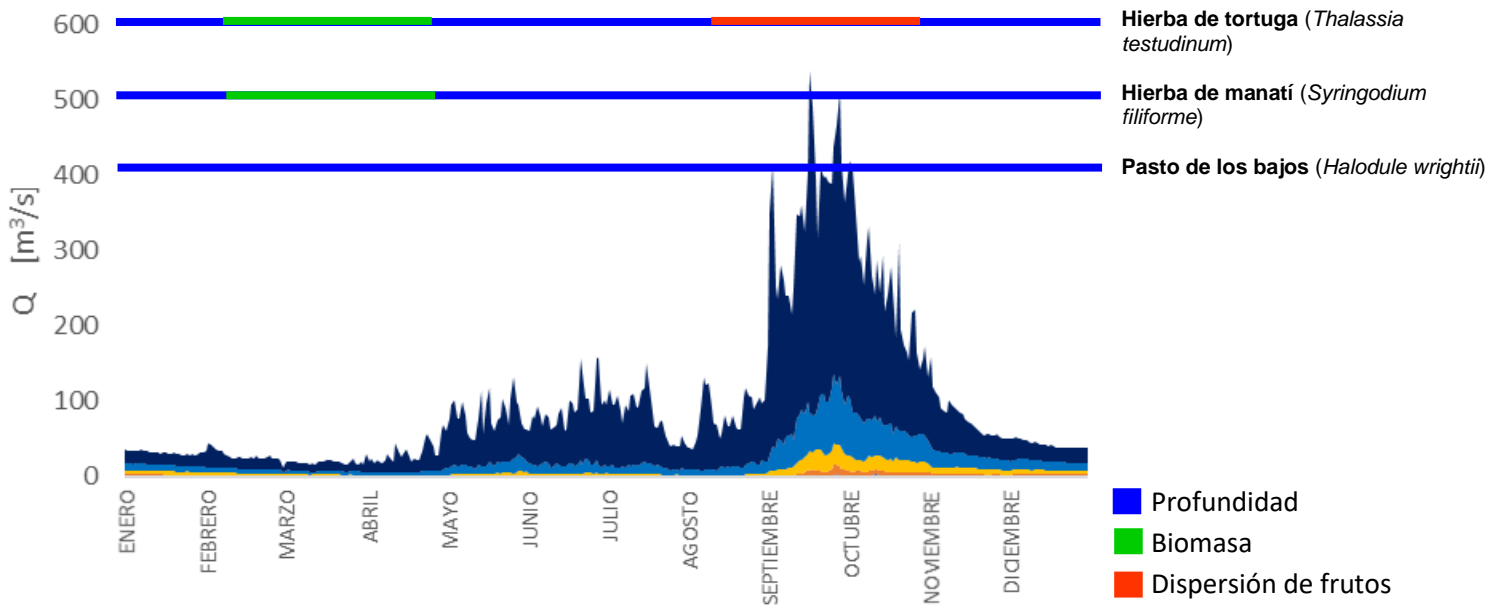


■ Profundidad



Autor: Hans Hillewaert

### HIDROFENOGRAMA PASTOS MARINOS

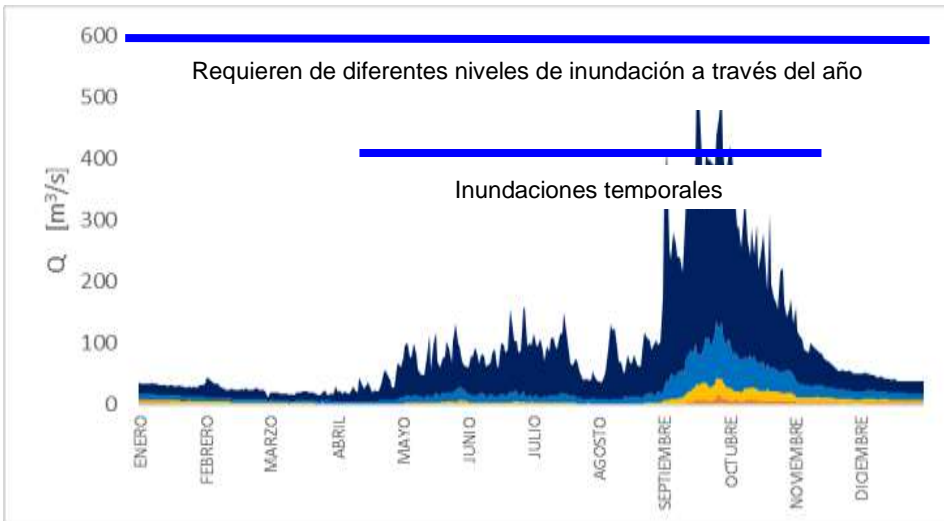


## Marismas

En la laguna hay marismas de varios tipos: carentes de vegetación, pero con abundante fauna, permanentemente inundadas, periódicamente inundadas, ocasionalmente inundadas (Moreno, 2009). Las especies las utilizan como hábitat para refugio, alimentación, descanso y reproducción (SEMARNAT & CONANP, 2015).

Requiere de diferentes niveles de inundación, a través del año que ponen en contacto diferentes partes de las marismas, favoreciendo la conectividad para los organismos, permitiendo los movimientos migratorios de las especies acuáticas, la transmisión de energía, y la circulación de agua y materiales (Lop y Hernández, 2009).

Requiere una mayor entrada de agua de los ríos y de lluvias para que se formen las inundaciones temporales (Ramírez, *et al.* 2012).



■ Inundación

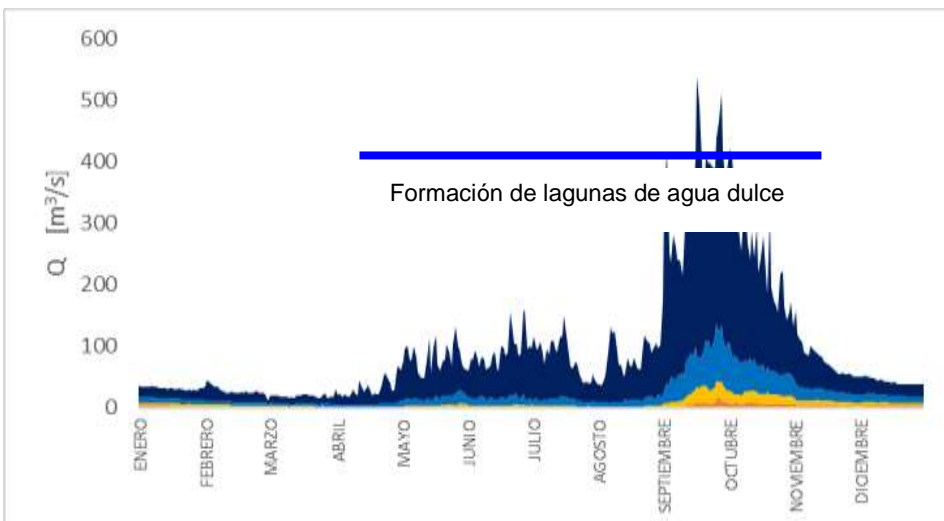


Fuente: Moreno 2009

## Lagunas de agua dulce

El agua de lluvia acumulada es un oasis de agua dulce en el sistema para flora y fauna (Moreno, 2009).

En temporada de lluvias se forman lagunas de agua dulce sobre las dunas, siendo aportes de agua dulce para la laguna (Moreno, 2009).



■ Inundación



Fuente: Moreno 2009



## 11. Referencias

- Barrios Ordóñez, J. E., Salinas Rodríguez, S. A., Martínez, A., López Pérez, A., Villón Bracamonte, R. A., Rosales Ángeles, F. (2015). Programa Nacional de Reservas de Agua en México: Experiencias de caudal ecológico y la asignación de agua al ambiente. México: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Barrios Ordóñez, J.E., R. Sánchez Navarro, S.A. Salinas Rodríguez, J.A. Rodríguez Pineda, I. D. González Mora, R. Gómez Almaraz, H. Escobedo Quiñones y J.A. Reyes González. (2011) Guía para la determinación de caudal ecológico en México. Programa Manejo del Agua en Cuencas Hidrográficas: Desarrollo de Nuevos Modelos en México. México: Alianza WWF – Fundación Gonzalo Río Arronte, I. A. P.
- Cantera Kintz, J., Carbajal Escobar, Y. y Castro Heredia, L.M. (2009). Caudal ambiental, conceptos, experiencias y desafíos. Santiago de Cali: Programa Editorial Universidad del Valle.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. (2017). Misión y Visión de la CONANP. Recuperado de <https://www.gob.mx/conanp/acciones-y-programas/mision-y-vision-107902>
- CONAGUA. (2011). Identificación de reservas potenciales de agua para el medio ambiente en México. México: Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- CONAGUA. (2017). Atlas del agua en México 2017. México: Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- CONANP, CONAGUA y WWF México. (2017). Plan de Trabajo 2017-2018. Reservas de agua.
- Ducks Unlimited de México. (2007). Estrategia de manejo para laguna La nacha, Tamps.
- García, D. (2008). La regulación de los caudales y su efecto en la biodiversidad. Universidad Politécnica de Madrid
- Ley de Aguas Nacionales, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1 de diciembre de 1992 y el decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones a la Ley, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 20 de junio de 2011.
- Nava, M. (2018). Capacitación en reservas de agua e hidrofenogramas. WWF México.
- NORMA MEXICANA NMX-AA-159-SCFI-2012 (2012). Que establece el procedimiento para la determinación del caudal ecológico en cuencas hidrológicas. Cuaderno de trabajo. México: Banco interamericano de Desarrollo.
- Periódico Oficial del Estado de Tamaulipas. (2019). Plan Municipal de Desarrollo 2018-2021 del municipio de Matamoros, Tamaulipas. Tomo CXLIV.
- Poff N.L., J.D. Allan, M.B. Bain, J.R. Karr, K.L. Prestegard, B. Richter, R. Sparks and J. Stromberg. (1997). The natural flow regime: a new paradigm for riverine.
- Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 24 de agosto de 2009 y el decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones al Reglamento 26 de noviembre de 2012.
- Richter, B (s. f.) Keeping Rivers Flowing: Innovative Strategies to Protect and Restore River. The Nature Conservancy.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. (2015). Programa de Manejo Área de Protección de Flora y Fauna Laguna Madre y Delta del Río Bravo. Ciudad de México. México.

Villón, B (2004). Hidrología. Editorial Tecnológica de Costa Rica. Costa Rica.

World Wildlife Fund (2011). Guía para la determinación de caudal ecológico en México. Sistematización de experiencias de la Alianza WWF – Fundación Gonzalo Río Arronte I.A.P.

WWF México, CONAGUA y BID. (s. f.) Ficha técnica de la Subregión hidrológica del río Usumacinta. Programa Nacional de Reservas de Agua para el Ambiente. México.

WWF México, FGRA I.A.P. y CONAGUA (s. f. b) Reservas de agua para hoy y mañana. La importancia del caudal ecológico. México: Banco interamericano de Desarrollo.

WWF México, FGRA I.A.P. y CONAGUA. (s. f. a) Programa de Reservas de Agua. Una estrategia de adaptación ante el cambio climático. México.

## Referencias de los resultados de las actividades del servicio social

Agraz, C., Noriega, R., López, J., Flores, F., y Jiménez, J. (2006). Guía de Campo: Identificación de manglares en México. Universidad Autónoma de Campeche. Centro de Ecología, Pesquerías y Oceanografía del Golfo de México, Comisión Federal de Electricidad, Universidad Autónoma de México, Comisión Nacional Forestal. 56p.

Agraz, H., Maricusa, C., Keb, C., Iriarte C., Posada C., Vega, G., B., y Sáenz, J. (2015). Phenological variation of *Rhizophora mangle* and ground water chemistry associated to changes of the precipitation. *Hidrobiológica*, 25(1), 49-61. Recuperado en 07 de mayo de 2019, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-88972015000100006&lng=es&tlng=en](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-88972015000100006&lng=es&tlng=en)

Albis, M. (2010). Estructura de las praderas de *Thalassia testudinum* en un gradiente de profundidad en la Guajira, Caribe Colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 39 (2):381-395.

Audubon. (2019). Guía de aves de América del Norte. Pato Cabeza Roja *Aythya americana*. Recuperado de: <https://www.audubon.org/es/guia-de-aves/ave/pato-cabeza-roja>

Banks, A., Holt, J., y Wakeman, M. (1991). Age linked changes in salinity tolerance of larval spotted seatrout (*Cynoscion nebulosus*, Cuvier). *Journal of Fish Biology*, 39(4), 505–514.

Bates, Koczur, M., Krainyk, A., Ballard, B. M., y Kasner, A. C. (2016). Spatial and temporal dynamics of foraging habitat availability for reddish egrets in the Laguna Madre, Texas. *International Journal of Biodiversity and Conservation*, 8(10), 251-258.

Cid, A., A. Raz Guzmán (2011). Alternativas de manejo en la pesquería del camarón en las lagunas de Tamiahua y Madre. *CONABIO. Biodiversitas*, 95: 1-7

Comisión Nacional Forestal y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (s. f. a). Paquetes tecnológicos *Rhizophora mangle* (L.) C.DC. Recuperado de <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/997Rhizophora%20mangle.pdf>

Comisión Nacional Forestal y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (s. f. b). Paquetes tecnológicos *Avicennia germinans* (L.) L. Recuperado de <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/888Avicennia%20germinans.pdf>

Comisión Nacional Forestal y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (s. f. c). Paquetes tecnológicos *Laguncularia recemosa* (L.) Gaertn. Recuperado de <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/937Laguncularia%20recemosa.pdf>

Comisión Nacional Forestal y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (s. f. d). Paquetes tecnológicos *Conocarpus erectus* L. Recuperado de: <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/904Conocarpus%20erectus.pdf>

CONABIO-CONANP. (2009). Mangle blanco (*Laguncularia racemosa*). Fichas de especies mexicanas. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, México, D.F. Compilado por Elizabeth Torres Bahena; Revisado por Carlos Galindo Leal. Marzo 2009.

Conde, M. K. P. (2014). Evaluación estacional de los parámetros ecológicos en hábitats críticos de la Reserva de la Biósfera Los Petenes, Campeche. Tesis. Colegio de la Frontera Sur, Unidad Villahermosa.

Delgado, A. 1991. Algunos aspectos de la ecología de poblaciones de las toninas (*Tursiops truncatus* Montagu, 1821) en la Laguna de Términos y Sonda de Campeche, México. Tesis, Universidad Nacional Autónoma de México.

Diario Oficial de la Federación. (2014). ACUERDO por el que se da a conocer el Plan de Manejo Pesquero de Camarón Café (*Farfantepenaeus aztecus*) y Camarón Blanco (*Litopenaeus setiferus*) en las costas de Tamaulipas y Veracruz.

Domínguez, A., Eguiarte, L., Núñez J. y Dirzo, R. (1998). Flower morphometry of *Rhizophora mangle* (Rhizophoraceae): geographical variation in Mexican populations. *American Journal of Botany* 85(5):637-643.

Ducks Unlimited de México. (2018). Investigando el estado de los pastos marinos en la Laguna Madre. Recuperado de <http://www.dumac.org/dumac/habitat/esp/noticias2018/noticias-30-abril-2018.htm>

FAO. (2009). *Mugil cephalus*. In Cultured aquatic species fact sheets. Text by Saleh, M.A. Edited and compiled by Valerio Crespi and Michael New.

Geary, B., Green, M. C., y Ballard, B. M. (2015). Movements and survival of juvenile reddish egrets *Egretta rufescens* on the Gulf of Mexico coast. *Endangered Species Research* 28: 123– 133.

Harrison, J. (1995). Mugilidae. Guía FAO para identificación de especies para fines de pesca. Pacífico Centro-Oriental. FAO Roma.

Hernández, C., y Guadalupe de la Lanza Espino. (1999). Ecología, Producción y Aprovechamiento del Mangle *Conocarpus erectus* L., en Barra de Tecoanapa Guerrero, México. *Biotropica*, 31(1), 121-134. doi:10.2307/2663966

INAPESCA. (2012). La pesca de lisa *Mugil cephalus* en Laguna Madre, Tamaulipas. Instituto Nacional de Pesca. México.

Kaldy, J. y Dunton, K. (1999). Ontogenetic photosynthetic changes, dispersal and survival of *Thalassia testudinum* (turtle grass) seedlings in a sub-tropical lagoon. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 240, pp. 193–212.

Lop, F. y Hernández, E. (2009). Caudales ecológicos de la marisma del Parque Nacional de Doñana y su área de influencia. WWF España, junio 2009. 69 pp.

Lowther, E. y Paul, T. (2002). reddish egret (*Egretta rufescens*), *The Birds of North America Online* (A. Poole, Ed.). Ithaca: Cornell Lab of Ornithology; Retrieved from the *Birds of North America Online*: <http://bna.birds.cornell.edu/bna/species/633>

Martínez, B., Alcolado, P. y Duarte, C. (2005). Leaf production and shoot dynamics of *Thalassia testudinum* by a direct census method. *Aquatic Botany*, 81:213-224.

Metz, M. y Landry, A. M. (2013) An Assessment of Green Turtle (*Chelonia mydas*) Stocks Along the Texas Coast, with Emphasis on the Lower Laguna Madre. *Chelonian Conservation and Biology* 12(2).

- Mitchell, C. (1992). Water Depth Predicts Redhead Distribution in the Lower Laguna Madre, Texas. *Wildlife Society Bulletin* (1973-2006), 20(4), 420-424.
- Moreno, P. (2009). Elaboración de un plan estratégico de manejo y base para el monitoreo de los humedales, playas y dunas en el APFFLMDRB.
- Ordóñez L., (1995). Análisis del ictioplancton del ecosistema costero de Celestún. Informe Técnico Final. CONABIO–CINVESTAV–Unidad Mérida. Proyecto B020. CINVESTAV–IPN. Recursos del Mar.
- Ramírez, R., Cervantes, A., y Ramírez R. (2012). El ambiente biofísico de marismas nacionales, Sinaloa, y criterios básicos para la gestión de su integridad ecológica. *Marismas nacionales Sinaloa; futuro y conservación* (pp. 53–116). Culiacan: Pronatura Noroeste AC. Universidad Autónoma de Sinaloa.
- Santiago, A. (1987). Determinación de la edad y crecimiento de lisa *Mugil cephalus* Linnaeu, en el Sistema lagunar del Istmo de Tehuantepec, Oax. México. Tesis de Licenciatura. ENEP-Izatacala, UNAM.
- Sea Turtle Conservancy. (2015a) Poster Tortuga verde *Chelonia mydas*. Recuperado de <https://conserveturtles.org/wp-content/uploads/GreenTurtleLifeHistoryPosterSpanish-STC-DWWitherington.pdf>
- Sea Turtle Conservancy. (2015b) Poster Tortuga lora *Lepidochelys kempii*. Recuperado de <https://conserveturtles.org/wp-content/uploads/KempsRidleyLifeHistoryPosterSpanish-STC-DWWitherington.pdf>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. (2015). Programa de Manejo Área de Protección de Flora y Fauna Laguna Madre y Delta del Río Bravo. Ciudad de México. México.
- Short, F. y Coles, R. (2001). Global seagrass distribution. Pp. 5-30. In: F.T. Short & R.G. Coles (eds.). *Global Seagrass Research Methods*. Elsevier Science B.V., Amsterdam, Holanda.
- Tasha, L. (2004). Factors influencing Kemp's ridley sea turtle (*Lepidochelys kempii*) distribution in nearshore waters and implications for management. Doctoral dissertation, Texas A&M University.
- Tolan, J.M., Holt, S.A. & Onuf. (1997). Distribution and Community Structure of Ichthyoplankton in Laguna Madre Seagrass Meadows: Potential Impact of Seagrass Species Change. *Estuaries*, 20 (450).
- Tovilla H., y Orihuela B. (2002). Floración, establecimiento de propágulos y supervivencia de *Rizophora mangle* L. en el manglar de Barra de Tecoaapa, Guerrero, México. *Madera y Bosques*.