



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA
UNIDAD ACADÉMICA MAZATLÁN**

**Nutrientes, distribución, estructura y productividad de
ecosistemas de manglar y otros humedales naturales,
perturbados y restaurados en Urías, sur de Sinaloa.**

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO ACADÉMICO DE:
MAESTRA EN CIENCIAS
Biología Marina

PRESENTA:

BIÓL. LAURA ODETTE GUZMÁN RODRÍGUEZ

TUTOR PRINCIPAL:

DR. FRANCISCO JAVIER FLORES VERDUGO
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA, UNIDAD ACADÉMICA
MAZATLÁN, UNAM

COMITÉ TUTOR:

DR. FELIPE AMEZCUA MARTINEZ
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA, UNIDAD ACADÉMICA
MAZATLÁN, UNAM

DR. FERNANDO GONZÁLEZ FARÍAS
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA, CIUDAD DE MÉXICO, UNAM

DR. CARLOS RENÉ GREEN RUÍZ
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA, UNIDAD ACADÉMICA
MAZATLÁN, UNAM

DR. MARTÍN F. SOTO JIMÉNEZ
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA, UNIDAD ACADÉMICA
MAZATLÁN, UNAM

CIUDAD DE MÉXICO, 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



**Nutrientes, distribución, estructura y productividad de
ecosistemas de manglar y otros humedales naturales,
perturbados y restaurados en Urías, sur de Sinaloa.**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:
MAESTRA EN CIENCIAS
Biología Marina

PRESENTA:
BIÓL. LAURA ODETTE GUZMÁN RODRÍGUEZ

TUTOR PRINCIPAL:
DR. FRANCISCO JAVIER FLORES VERDUGO
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA, UNIDAD ACADÉMICA
MAZATLÁN, UNAM

COMITÉ TUTOR:
DR. FELIPE AMEZCUA MARTINEZ
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA, UNIDAD ACADÉMICA
MAZATLÁN, UNAM
DR. FERNANDO GONZÁLEZ FARÍAS
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA, CIUDAD DE MÉXICO, UNAM
DR. CARLOS RENÉ GREEN RUÍZ
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA, UNIDAD ACADÉMICA
MAZATLÁN, UNAM
DR. MARTÍN FEDERICO SOTO JIMÉNEZ
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA, UNIDAD ACADÉMICA
MAZATLÁN, UNAM

CIUDAD DE MÉXICO, 2018

*A mis padres: Laura y Héctor.
Y para Amaranta, ¡Por supuesto!*

"O vienen los infantes o nos llevamos el mar, no hay otra, excelencia, no había otra madre, de modo que se llevaron el Caribe en abril, se lo llevaron en piezas numeradas los ingenieros náuticos del embajador Ewing para sembrarlo lejos de los huracanes en las auroras de sangre de Arizona, se lo llevaron con todo lo que tenía dentro, mi general, con el reflejo de nuestras ciudades, nuestros ahogados tímidos, nuestros dragones dementes".¹

Fragmento del libro "El otoño del Patriarca" de Gabriel García Márquez.

1. *Pasaje que marca el punto determinante en la evolución política del país. La entrega del mar es la culminación de un proceso de despojo mediante el cual una nación es derrotada.*

Agradecimientos Institucionales

A mi *alma mater* la Universidad Nacional Autónoma de México.

Al Consejo Nacional de la Ciencia y la Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada durante mis estudios de posgrado.

Al Posgrado UNAM y al Instituto de Ciencias del Mar y limnología, Unidad Académica Mazatlán. En particular a los laboratorios de “Ecosistemas Costeros”, “Isotopos Estables” y “Geomicrobiología y sedimentología” donde se llevó a cabo este trabajo.

Al Dr. Francisco Javier Flores Verdugo, que, con profundo cariño, respeto y admiración agradezco por introducirme al fascinante mundo de los manglares y la química analítica, por ser un tutor dedicado y comprometido con sus alumnos, pero sobre todo un excelente ser humano: no se agüite Doc, no es nada personal.

Al Dr. Martin F. Soto Jiménez por permitirme hacer y deshacer en su laboratorio, por todas las enseñanzas, paciencia y la emblemática frase que me marco durante muchos meses “El amonio: como el demonio”.

Al Dr. Felipe Amezcua Martínez por el apoyo en las salidas de campo y la orientación estadística.

Al Dr. Carlos Green y al Dr. Fernando González Farías por sus acertados comentarios y correcciones a este trabajo.

A la M. en C. Marcela Fregoso por orientarme y enseñarme las técnicas para la determinación de nutrientes.

Al M. en C. Erik Navarro por el tiempo compartido y la amistad.

Al Dr. Leonardo Moroyoqui Rojo (El Moro) por su valiosa ayuda durante los muestreos en campo y por las ballenas (bien heladas) compartidas, ¡JALATE MOROYOQUI!

Al pupilo Biól. Luis Lara y a la Biól. Yosahandy Vázquez por su ayuda en los muestreos en campo.

A las pupilas-esclavas: Bere, Gaby y Helena por la ayuda en los muestreos en campo y en los análisis del laboratorio.

¡Muchas gracias!

Agradecimientos Personales

A mi Mazatlán, no es, pues, una segunda región, sino otra región distinta que se me ha dado sin condiciones y sin disputarle a la mía propia el amor y la fidelidad que le profesó y la nostalgia con que me los reclama sin tregua.

A mis padres, por ponerme bien firmes las alas para volar.

A Amaranta: mi suerte de todos colores, alegría viva: ¡Te amo!

A mis queridos compañeros/colegas/amigos del posgrado: Jannice, Gabo, Vic y Erick, los más ñoños siempre.

A las "chidlas": Lany, Cinthya, Yossa, Julita, Ale y Raquel por todo lo vivido y esas ballenas bien heladas compartidas cuando el calor azotaba sin tregua, por hacer de esta maestría playera una experiencia increíble e inolvidable. Me quedo con un pedacito de cada una de ustedes en mi corazón de mar.

En especial agradezco a "Lany" y a "la Cinthya" por ser anfitrionas distinguidas en este, su bello puerto, por las atenciones y ayuda que siempre me brindaron.

Por ahí, una canción que versa así:

*"Yo soy fuereño
nací de aquí muy lejos
y sin embargo les digo en mi cantar
que tienen todos ustedes un orgullo
el gran orgullo de ser de Mazatlán."*

Finalmente, a mis amigos de la vida: Arturo, Montse, Andrea, Tona, Gabito, Pau y Fer, Jannice, Inari, Jessie, Ariel, Martini, Daniel y Abraham porque a pesar de la distancia siempre tuvieron tiempo para mí.

A todos ustedes, gracias ¡TOTALES!

Índice

1. Introducción	1
1.1 Nutrientes	1
1.2 Humedales.....	2
1.3 Manglares (“Bosque de agua”)	3
1.3.1 Tipos fisionómicos, estructura y zonación:.....	5
2. Justificación	8
3. Antecedentes.....	9
4. Hipótesis	13
5. Objetivos.....	14
5.1 Objetivo general.....	14
5.2 Objetivos particulares	14
6. Área de estudio.....	15
6.1 Estero de Urías	16
6.2 Isla de la Piedra	16
7. Materiales y Métodos.....	18
7.1 Trabajo de campo	18
7.1.1 Descripción de los sitios de muestreo.....	18
7.1.2 Nutrientes.....	20
7.1.3 Microtopografía	20
7.1.4 Estructura Forestal.....	20
7.1.5 Hojarasca.....	22
7.2 Trabajo de laboratorio.....	23
7.2.2 Hojarasca.....	23
7.3 Tratamiento estadístico.....	24
8. Resultados.....	25
8.1 Dinámica de Nutrientes.....	25
8.1.1 Nitritos (N-NO ₂ ⁻)	25
8.1.2 Nitratos (N-NO ₃ ⁻).....	28
8.1.3 Amonio (N-NH ₄ ⁺).....	31
8.1.4 Nitrógeno Inorgánico Disuelto (NID)	34
8.1.5 % Nutrientes	37

8.1.6 Fosfatos (P-PO ₄ ⁻³).....	39
8.1.7 Relación N:P	42
8.1.8. Análisis de similitud.....	44
8.2 Parámetros Físicoquímicos.....	48
8.3 Microtopografía	51
8.4 Estructura Forestal. Determinar la estructura forestal.....	60
8.5 Hojarasca.....	61
9. Discusión	64
9.1 Nutrientes	64
9.1.1 Nitritos (N-NO ₂)	64
9.1.2 Nitratos (N-NO ₃ .).....	65
9.1.3 Amonio (N-NH ₄ ⁺).....	67
9.1.4 NID (NO ₂ + NO ₃ + NH ₄ ⁺).....	68
9.1.5 Fosfatos (P-PO ₄ ⁻³).....	69
9.1.6 Relación N:P	71
9.2 Parámetros Físicoquímicos.....	72
9.3 Microtopografía	72
9.4 Estructura Forestal.....	73
9.5 Hojarasca.....	75
10. Conclusiones	78
10.1 Nutrientes.....	78
10.2 Parámetros Físicoquímicos.....	79
10.3 Microtopografía	79
10.4 Estructura Forestal.....	79
10.5 Hojarasca.....	80
11. Literatura citada	81
12. ANEXOS.....	89

Índice de figuras

Figura 1	Dibujo representativo de las formas de crecimiento de las cuatro especies de mangles. De izquierda a derecha: <i>Conocarpus erectus</i> (botoncillo), <i>Laguncularia racemosa</i> (mangle blanco), <i>Avicennia germinans</i> (mangle negro) y <i>Rhizophora mangle</i> (mangle rojo) Imagen tomada de: Whittaker y Likens, 1975.	4
Figura 2	Superficie y ubicación de los manglares en la República Mexicana.	10
Figura 3	Localización geográfica de Mazatlán.	15
Figura 4	Ubicación de todos los sitios de muestreo. a) Estero de Urías: U1 Manglar saludable (N, EF), U2 Granja camaronera (N), U3 Flota camaronera (N), U4 Manglar con desechos (N), U5 Muelle, U6 puente jabalines, U7 manglar saludable (MT), U8 Manglar saludable con canales (MT), U9 Manglar islote b) Isla de la piedra: H1 Humedal de agua dulce (N), H2 Humedal estuarino(N), H3 Humedal de agua dulce (N), H4 Humedal con tular (N). N: Nutrientes, MT: Microtopografía, EF: Estructura Forestal	17
Figura 5	Método de cuadrantes. Cuatro distancias son medidas, uno por cada punto cardinal de la cruceta. Estas distancias serán de los árboles que se encuentren más cerca del punto central de la cruceta y de cada árbol es medido su diámetro (cm), identificado la especie y altura (m). Los árboles medidos no son tomados para la siguiente determinación (punto).	22
Figura 6	Concentración de nitritos [$N-NO_2 \mu M$] en ambientes saludables y perturbados del Estero de Urías. a) Estaciones: U1, U2, U3 Y U5. b) U4 y U6.	26
Figura 7	Concentración de nitritos [$N-NO_2 \mu M$] en humedales en Isla de la Piedra, Mazatlán.	27
Figura 8	Concentración de nitratos [$N-NO_3 \mu M$] en ambientes saludables y perturbados del Estero de Urías. a) Estaciones: U1, U2, U3 Y U5. b) Estaciones: U4 y U6.	29
Figura 9	Concentración de nitratos [$N-NO_3 \mu M$] en humedales en Isla de la Piedra, Mazatlán.	30
Figura 10	Concentración de amonio [$N-NH_4^+ \mu M$] en ambientes saludables y perturbados del Estero de Urías. a) Estaciones: U1, U2, U3 Y U5. b) Estaciones: U4 y U6.	32
Figura 11	Concentración de amonio [$N-NH_4^+ \mu M$] en humedales en Isla de la Piedra, Mazatlán.	33
Figura 12	Concentraciones de NID para el Estero de Urías. a) Estaciones: U1, U2, U3 Y U5. b) Estaciones: U4 y U6.	35
Figura 13	Concentraciones de NID para humedales de Isla de la piedra.	36
Figura 14	Concentración de fosfatos [$PO_4^{3-} \mu M$] en ambientes saludables y perturbados del Estero de Urías. a) Estaciones: U1, U2, U3 Y U5. b) Estaciones: U4 y U6.	40
Figura 15	Concentración de fosfatos [$PO_4^{3-} \mu M$] en humedales en Isla de la Piedra, Mazatlán.	41

Figura 16	Análisis de similitud Bray-Curtis para NID en el Estero de Urías.	44
Figura 17	Análisis de similitud Bray-Curtis para NID en los humedales de Isla de la Piedra.	45
Figura 18	Análisis de similitud Bray-Curtis para PO_4^{3-} en el Estero de Urías.	46
Figura 19	Análisis de similitud Bray-Curtis para PO_4^{3-} en humedales de Isla de la Piedra.	47
Figura 20	Salinidad y temperatura del Estero de Urías.	49
Figura 21	Salinidad y temperatura de humedales de Isla de la Piedra.	50
Figura 22	Simbología de las especies reportadas en la microtopografía. a) <i>Avicennia germinas</i> , b) <i>Laguncularia racemosa</i> , c) <i>Rhizophora mangle</i> , d) <i>Conocarpus erectus</i> e) <i>Batis maritima</i> y f) Vegetación terrestre.	51
Figura 23	Microtopografía perfil horizontal para el sitio U1 (manglar saludable).	52
Figura 24	Grafica microtopografía con perfil horizontal para el sitio U1(manglar saludable) con tubo HOBO.	53
Figura 25	Grafica obtenida del HOBO. Representa la presión atmosférica en milímetros de Hg y la temperatura en °C, así como la inundación del bosque de <i>A. germinans</i> , sitio U1 (manglar saludable).	53
Figura 26	Microtopografía perfil horizontal para el sitio U7 (manglar saludable con marisma).	54
Figura 27	Grafica microtopografía perfil horizontal para el sitio U7 (manglar saludable con marisma).	55
Figura 28	Microtopografía perfil horizontal para el sitio U8 (manglar saludable con canales).	56
Figura 29	Grafica microtopografía perfil horizontal para el sitio U8 (manglar saludable con canales).	57
Figura 30	Microtopografía perfil horizontal para el sitio U9 (manglar islote).	58
Figura 31	Grafica microtopografía perfil horizontal para el sitio U9 (manglar islote).	59
Figura 32	Promedio y desviación estándar de hojarasca por mes.	62
Figura 33	Porcentaje de producción de biomasa de hojarasca por mes y total (1año) ($g.m^{-2}$)	63

Índice de tablas

Tabla 1	Antecedentes de diferentes estudios en humedales y ecosistemas de manglar en México.	11
Tabla 2	Antecedentes de diferentes estudios en humedales y ecosistemas de manglar en el mundo.	12
Tabla 3	Hábitats, sitios, posicionamiento y tipo de nuestros para cada sitio.	19
Tabla 4	Valores porcentuales de nutrientes para el Estero de Urias.	37
Tabla 5	Valores porcentuales de nutrientes para humedales de Isla de la Piedra.	38
Tabla 6	Valores de la relación N:P en Estero de Urias.	42
Tabla 7	Valores de la relación N:P para Isla de la Piedra.	43
Tabla 8	Estructura Forestal	60
Tabla 9	Valores de hojarasca $(\bar{x})\pm(\sigma)$ m ² ·día	61
Tabla 10	Total producción de biomasa de hojarasca.	62
Tabla 11	Comparación de estructura forestal en distintas áreas de estudio.	74
Tabla 12	Densidades relativas para el Estero de Urias.	75
Tabla 13	Comparación del aporte de hojarasca en bosques de manglar en distintas zonas geográficas.	76
Tabla 14	Definición y características ecológicas de diferentes tipos fisionómicos del manglar. Flores-Verdugo, 1992.	77

Índice de Anexos

ANEXO I	Referencias antecedentes para estudios en México y a nivel mundial.	89
ANEXO II	Concentraciones de nutrientes en μM .	91
ANEXO III	Parámetros Físicoquímicos	95
ANEXO IV	Datos Hojarasca	97
ANEXO V	Tablas de marea	98

Resumen

Con el objetivo de realizar análisis integral de la dinámica de nutrientes, la distribución, la estructura y productividad de bosques de manglar y humedales dulce acuícolas del Estero de Urías, se realizó un muestreo mensual durante 14 meses (febrero 2016 – abril 2017), en el que se colectaron muestras de agua y se realizaron transectos en sitios representativos de las condiciones actuales del sistema. Como consecuencia del crecimiento demográfico y del desarrollo industrial, el flujo de materia orgánica e inorgánica se ha incrementado, modificando y deteriorando visiblemente esta zona. En cada sitio se registró, además, la temperatura y la salinidad *in situ*.

La estación con mayor concentración de nutrientes (N-NO_2^- , N-NO_3^- , N-NH_4^+ , NID y P-PO_4^{3-}) correspondió al puente Jabalines, sitio que se caracteriza por estar dentro de la ciudad de Mazatlán y por recibir descargas constantes de aguas residuales. Las concentraciones más elevadas de NID (Nitrógeno Inorgánico Disuelto) se obtuvieron en septiembre de 2016 (lluvias), para el Estero de Urías. Y en abril de 2016 (secas-frías) para Isla de la Piedra, teniendo al N-NO_3^- como la especie del nitrógeno más abundante en ambos sistemas lagunares (>60%) y al P-PO_4^{3-} como elemento limitante en la relación N:P. Los parámetros ambientales correspondieron a los cambios típicos para latitudes tropicales y subtropicales con las temperaturas más elevadas (36 °C) en verano (junio) y las más bajas (21.2 °C) en invierno (enero) y los valores altos de salinidad (44 UPS) en época de secas cálidas (junio) y bajos (21 UPS) en lluvias (agosto).

Los bosques de manglar evaluados en este estudio presentan zonación clásica del noroeste y a pesar de estar en un lugar tan impactado presentan buen estado de conservación con una productividad elevada (6.9 Tn/ha·año) y un buen estado de desarrollo en los bosques (manglar tipo matorral: 0% de mortalidad, manglar tipo borde: 6.8 a 12% de mortalidad). Basado en normativas nacionales se concluye que el Estero de Urías presenta concentraciones de nutrientes que sobrepasan valores seguros para la protección de la vida acuática en ambientes costeros y marinos (CECA, 1989), sin embargo, a pesar de esto los bosques de manglar ubicados en la periferia del estero presentan, una buena distribución y buen estado de salud.

Abstract

In order to perform a comprehensive analysis of the dynamics of nutrients, structure and productivity of wetlands and mangrove forests, a monthly sampling was carried out during 14 months (February 2016 - April 2017), in which water samples were collected and transects were carried out in representative sites of the current conditions of the system. Because of population growth and industrial development in Estero de Urias, Mazatlan, the flow of organic and inorganic matter has increased, modifying and visibly deteriorating this area. At each site, temperature and salinity were recorded *in situ*.

The station with the highest concentration of nutrients (N-NO₂⁻, N-NO₃⁻, N-NH₄⁺, NID and P-PO₄⁻³) corresponds to the Jabalines bridge, a site that is characterized by being within the city of Mazatlan and receiving the constant discharges of wastewater. The highest concentrations of DIN (Dissolved Inorganic Nitrogen) were obtained in September 2016 (rains), for Estero de Urias and in April 2016 (dry-cold) for Isla de la Piedra, having N-NO₃⁻ as the most abundant nitrogen species in both lagoon systems (> 60%) and P-PO₄⁻³ as limiting element in the N:P ratio. The environmental parameters correspond to the typical changes for tropical and subtropical latitudes with the highest temperatures (36 ° C) in summer (June) and the lowest (21.2 ° C) in winter (January) and the highest salinity values (44 PSU) in the dry season (June) and lowest (21 PSU) in the rainy season (August).

The mangrove forests evaluated in this study present classic northwest zonation and despite being in such an impacted place, a good conservation status with high productivity (6.9 Tn /ha·year) and a good state of development in the scrub type mangrove forests: 0% mortality, edge type mangrove: 6.8 to 12% mortality) were recorded. Based on national regulations, it's concluded that Estero de Urias has concentrations of nutrients that surpass safe values for the protection of aquatic life in coastal and marine environments (CECA, 1989), however, despite this, mangrove forests located in the periphery of the estuary presents a good distribution and good health.

1. Introducción

1.1 Nutrientes

Los niveles de nitratos y nitritos en aguas naturales son un indicador importante de la calidad del agua. Ambos se encuentran relacionados con el ciclo del nitrógeno, aunque los nitratos pueden ser añadidos por medio de fertilizantes que pueden ocasionar que los niveles de estos aumenten. Los nitritos también se forman durante la biodegradación de nitratos, nitrógeno amoniacal u otros compuestos orgánicos nitrogenados y se utiliza como indicador de contaminación en aguas naturales (Cabrera-Molina *et al.*, 2003).

En los sedimentos se pueden acumular contaminantes, pero también pueden ser estos la fuente de contaminación de los ecosistemas con los que estén conectados. En estos se pueden encontrar microorganismos, metales, nutrientes y otros componentes orgánicos e inorgánicos (Burton, 2002).

El incremento de nutrientes (p.e. nitrógeno y fósforo) debido a las actividades antropogénicas es una presión que actualmente impacta a los ecosistemas costeros a nivel mundial (Páez-Osuna, 2001). Esta contaminación es causada por el aporte excesivo de nutrientes derivados de los procesos naturales y actividades antropogénicas que se llevan a cabo en las cuencas asociadas a lagunas costeras; se sabe que últimamente las actividades antropogénicas han aumentado la tasa de liberación del fósforo (Ruttenberg, 2004) y en mucho mayor proporción la del nitrógeno (Páez-Osuna *et al.*, 2007).

Por lo general, los manglares son ecosistemas deficientes en nutrientes, especialmente nitrógeno y fósforo (Alongi *et al.*, 1994; Holguin *et al.*, 2000; Sengupta y Chaudhuri, 1991) y, sin embargo, son altamente productivos. Esta paradoja puede explicarse a través de un reciclaje de nutrientes muy efectivo conservándolos dentro del ecosistema. Se propone que la alta actividad microbiana presente en el manglar es responsable de retener los pocos nutrientes dentro del sistema (Alongi *et al.*, 1994).

Es común que las comunidades microbianas de ecosistemas tropicales ya sea acuáticos o terrestres sean altamente eficientes en el reciclaje de nutrientes. De acuerdo con Alongi (1994) los ecosistemas tropicales dependen en mayor grado de los microorganismos para su salud y sobrevivencia, en comparación con los ecosistemas de latitudes más altas. Esto implica que la degradación y, asimismo, la restauración de ecosistemas tropicales depende de la salud de las

comunidades microbianas bentónicas y su ambiente geoquímico (Alongi, 1994).

1.2 Humedales

Los humedales son ecosistemas complejos que actúan como interfase entre los hábitats terrestres y acuáticos (Lefeuvre *et al.* 2003). El convenio Ramsar plantea que los humedales son todas las extensiones de marismas, pantanos o superficies cubiertas de agua, ya sean éstas de régimen natural o artificial, permanente o temporales, estancadas o corrientes, dulces, saladas o salobres, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de 6 metros.

Los humedales deben tener uno o más de los siguientes atributos: a) el terreno debe mantener predominantemente una vegetación de hidrófitas, al menos periódicamente, b) el sustrato debe ser fundamentalmente un suelo hidromorfo no drenado, ya sea permanente o temporal, c) la presencia de una lámina de agua poco profunda o de agua subterránea próxima a la superficie del terreno, ya sea permanente o temporal (Ramsar Convention Secretariat, 2013).

Los humedales son ambientes ricos en biodiversidad y altos en productividad que exportan grandes cantidades de carbono, nitrógeno y fósforo orgánico en forma de detritus al medio marino adyacente (Valiela *et al.* 1978).

La alta productividad primaria de los ecosistemas lagunares estuarinos se debe principalmente a la disponibilidad de nutrientes que aportan los ríos y escurrimientos terrestres (Mee, 1978; Nixon, 1981), a la presencia de diferentes fuentes de energía provenientes de diversos productores primarios, así como también el constante intercambio de materiales con el mar y ríos a través del efecto combinado de corrientes, vientos y mareas (Cintrón-Molero y Schaeffer, 1983). Los productores primarios de lagunas costeras tropicales y subtropicales se pueden agrupar en: manglares, pastos marinos, macroalgas, microfitobentos, fitoplancton, bacterias fotosintéticas y bacterias quimiosintéticas (Flores-Verdugo, 1989). Estos productores convierten al océano en un “depósito de carbono”, al incorporar el CO₂ atmosférico a su metabolismo y convertirlo finalmente en residuos orgánicos que eventualmente quedan retenidos, al menos temporalmente en los sedimentos del fondo marino (Hedges *et al.*, 1997). Los efectos combinados de estos factores mantienen el flujo elevado y constante de energía hacia el ecosistema lagunar-estuarino y en algunos casos esta energía puede ser exportada a la zona costera adyacente. La zona costera ha sido por mucho tiempo ignorada en los cálculos de los balances globales de carbono, no obstante que algunos trabajos ya han demostrado que los flujos de carbono

y nutrientes en estos ambientes son desproporcionadamente altos en relación con su superficie (Borges *et al.*, 2005)

Asimismo, los ecosistemas lagunares-estuarinos funcionan como zonas de desove, desarrollo y reclutamiento de invertebrados y peces (Halpin, 2000), zonas de anidación para aves y refugio invernal de aves migratorias (Haig *et al.* 1998) y ofrecen servicios ambientales como el control de la erosión costera e inundaciones, la producción de recursos pesqueros y como atractivo turístico.

Los humedales representan ecosistemas estratégicos y de gran importancia para la conservación de la biodiversidad y el bienestar de las comunidades humanas, por lo que es necesario llevar a cabo acciones que aseguren el mantenimiento de sus características ecológicas (Ramsar Convention Secretariat, 2013).

1.3 Manglares (“Bosque de agua”)

El manglar es un bosque perennifolio, denso o disperso, el cual está compuesto por varias especies de árboles o arbustos que marcan la transición entre el mar y la tierra, estos corresponden a la vegetación arbórea de la zona de mareas en las regiones tropicales y subtropicales; son plantas halófilas facultativas que pueden crecer en diferentes salinidades que van desde 0 ups (dulceacuícolas) hasta hipersalinas (hasta 70 ups), alcanzando su máximo desarrollo en condiciones estuarinas (aproximadamente de 10 a 25 ups) (Maltby, 1991).

De estas halófitas se conocen 69 especies núcleo (3 especies de helechos, una de palma y 65 de arbustos o árboles) correspondientes a 24 géneros distribuidos en 19 familias. Las especies de manglar poseen adaptaciones morfológicas y fisiológicas que les permiten ocupar hábitats bajo condiciones especiales como el caso de suelos que van desde limosos hasta arenosos, inestables y con baja concentración de oxígeno, en ambientes salinos y estuarinos, estas adaptaciones tan particulares pueden ser el desarrollo de raíces adventicias, neumatóforos, viviparidad, glándulas secretoras de sal y miel, entre las más importantes (Maltby, 1991).

En México existen cinco especies de manglar: el mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle negro (*Avicennia germinans*), mangle blanco (*Languncularia racemosa*), mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*) (Pennington y Sarukhán, 1969) (Figura 1), una especie de mangle que solo ha sido registrada en las costas de Chiapas (*Rhizophora harrissoni*. Rico-Gray, 1981) y una variedad de botoncillo en la Península de Yucatán (*Conocarpus erectus* var. *sericeus*).

El tamaño, forma, disposición, riqueza, y abundancia de las especies de manglar depende de las características abióticas que les rodean tales como salinidad, viento, exposición al oleaje, temperatura, hidroperíodo, entradas de agua dulce, perturbación y latitud, entre otras cosas (Citrón y Schaeffe-Novelli, 1983; Suman, 1994; Ocaña y Lot 1996; Yáñez-Arancibia y Lara-Domínguez, 1999).

Las especies de mangle han desarrollado estrategias reproductivas como la viviparidad o criptoviviparidad, un sistema de raíces verticales conocidos como neumatóforos que capturan oxígeno atmosférico, así como raíces cable y de anclado que penetran hasta 60 cm que dan estabilidad y soporte al tronco. Tienen además glándulas en las hojas que les permiten secretar el exceso de sal y hojas gruesas (excretoras) similares a hojas de desierto, pero con mayor tamaño o algún mecanismo fisiológico para impedir que sal penetre a la savia(excluidoras).

Los manglares corresponden a la transición entre los ambientes marinos y terrestres y son uno de los ecosistemas más importantes dentro de la biosfera por su alta productividad como bosque alcanza más de 25 toneladas de peso seco por ha^{-1} año $^{-1}$ (Whittaker y Likens, 1975; Odum y Heald, 1975) pero como ecosistema que incluye a la productividad del estuario de 15 toneladas de peso seco por ha^{-1} año $^{-1}$ a da un total de 40 toneladas de peso seco por ha^{-1} año $^{-1}$.

La extensión actual de los bosques de manglar, a nivel mundial, alcanza alrededor de 16 millones de hectáreas. Estos sistemas mantienen una gran variedad de fauna exclusiva de estos ambientes, como es el caso de: el manatí (*Trichechus manatus*), cocodrilo (*Crocodylus moreletti* y *C. acutus*), muchos moluscos, crustáceos y especies de interés económico como son los ostiones (*Crassostrea virginica*), camarones (*Litopenaeus spp.*), lisas y pargos (*Mugil spp.* y *Lutjanus spp.*). Hay también muchas especies de aves como garzas y egretas (*Ardea spp.*, *Egretta spp.*), flamencos (*Phoenicopterus ruber*) y una gran abundancia patos y gansos. (Flores-Verdugo, 1989).



Figura 1. Formas de crecimiento de las cuatro especies de mangles. De izquierda a derecha: *Conocarpus erectus* (botoncillo), *Laguncularia racemosa* (mangle blanco), *Avicennia germinans* (mangle negro) y *Rhizophora mangle* (mangle rojo)
Imagen tomada de: Whittaker y Likens, 1975.

La estructura del suelo, los procesos metabólicos las entradas y salidas laterales de materiales afectan la composición de especies (Brinson, Lugo y Brown, 1988), así como las condiciones de óxido-reducción (Mitsch y Gosselink, 2000). También dependen del clima, de la geomorfología y la captación de la cuenca, el tipo de suelos, la geología de la zona y sobre todo del hidropérido (Agraz-Hernández *et al.*, 2011).

Se consideran un grupo de plantas tolerantes ya que pueden sobrevivir en ambientes de estrés en latitudes tropicales y subtropicales (Saenger, 2002). Sin embargo, los manglares en regiones subtropicales son sensibles a los patrones de precipitación y a la radiación solar (Flores-de-Santiago *et al.*, 2012). De hecho se sugiere que la radiación solar y condiciones hipersalinas pueden afectar el reclutamiento de los propágulos, afectando los procesos metabólicos de estos (Field, 1995). Las concentraciones de sal en los ecosistemas de manglar dependen tanto del hidropérido como de la microtopografía (Ridd, 1996), teniendo una relación inversa (Yang *et al.*, 2013) por lo que las concentraciones del sal en el sedimento varían periódicamente, éstas pueden ir desde 10 hasta 200 UPS (Ball, 1998) así mismo está regulada por la evapotranspiración y las entradas y salidas de agua salada y dulce.

1.3.1 Tipos fisionómicos, estructura y zonación:

Los ecosistemas de manglar exhiben una gran variabilidad en su estructura que responde a los parámetros medio ambientales, físicos y químicos del agua y del sustrato en donde crecen. Dichos factores incluyen concentraciones de nutrientes aportados por los ríos o escurrimientos terrígenos, precipitación e intensidad de evaporación, nivel topográfico, frecuencia y períodos de inundación por la marea, y composición del sedimento. Hay tensores naturales, como las sequías prolongadas, altas salinidades, la herbivoría y el crecimiento poblacional extremo de herbívoros, que deviene en plagas. Los manglares también varían dentro de su comunidad, lo que origina distintos tipos fisionómicos de bosques con base a su densidad, área basal y altura.

Una clasificación común de tipo fisionómico los caracteriza como ribereño, cuenca, sobrelavado, borde y matorral (Lugo y Snedaker, 1974; Flores-Verdugo, 1992).

- *Ribereño.*

Se localiza en los bordes de la desembocadura de los ríos y canales deltáicos. Suele ser el más desarrollado estructuralmente y de mayor productividad primaria por encontrarse en condiciones

ambientales óptimas, tales como un clima tropical, donde predominan las precipitaciones y los aportes fluviales sobre la evaporación, una salinidad estuarina (15 ups) y disponibilidad de nutrientes provenientes de los ríos. Influyen también otros factores relacionados con el metabolismo microbiano y de otros organismos asociados al sedimento y al metabolismo particular de cada especie de manglar. Los valores reportados para este tipo de bosque indican un área basal de $41.3 \pm 8.8 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$, una densidad de $1730 \pm 350 \text{ fustes} \cdot \text{ha}^{-1}$ y una altura de $17.7 \pm 3.7 \text{ m}$ (Agraz-Hernández *et al.*, 2006).

- *Cuenca*

Se localiza en la parte posterior del manglar tipo borde o ribereño y se caracteriza por ser inundado periódicamente por la marea con menor frecuencia que los manglares de borde y ribereño. Dispone principalmente de los nutrientes provenientes del reciclamiento de su propio detritus. En general, presenta una mayor variabilidad estructural en función de la distancia a la orilla del río, laguna, estero o el mar, del gradiente topográfico y de la intensidad de mareas. Por las características funcionales de los ciclos de nutrientes y de la materia orgánica, este tipo de manglar es aparentemente un ecosistema cerrado (Twilley *et al.*, 1986), sin embargo, hay evidencias de que en algunos casos, durante la época de lluvias, hay una considerable remoción de compuestos orgánicos disueltos, principalmente sustancias húmicas y taninos, hacia los canales de mareas de los esteros y las lagunas. Los valores reportados para este tipo de bosque indican un área basal de $18.5 \pm 1.6 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}$, una densidad de $3580 \pm 394 \text{ fustes} \cdot \text{ha}^{-1}$ y una altura de $9.0 \pm 0.7 \text{ m}$ (Agraz-Hernández *et al.*, 2006).

- *Sobrelavado*

Se localiza en barras, islas e islotes aislados. En general, es monoespecífico (en México, la especie predominante es *Rhizophora mangle*) y está constantemente afectado por las corrientes de marea. Se caracteriza por presentar una alta tasa de remoción de su detritus por los flujos y reflujos de las mareas en comparación con la tasa de producción de éste. Debido a esta situación, su desarrollo estructural está limitado por la escasa disponibilidad de nutrientes provenientes del reciclamiento de su propio detritus y depende de los nutrientes disueltos en el agua. Este tipo de manglar corresponde a islotes en canales de mareas (esteros) y lagunas costeras (Agraz-Hernández *et al.*, 2006).

- *Borde*

Es el que se encuentra en la orilla de las lagunas costeras, estuarios y bahías. En este tipo fisonómico, se puede observar la zonación clásica de *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* y/o *Avicennia germinans* y *Conocarpus erectus*, si existe y pendiente topográfica e influencia de mareas. En función de la geomorfología y del balance hidrológico va a depender el ancho del bosque. También dependerá

de la dominancia del balance hidrológico positivo para que exista en la parte posterior otro bosque. Los valores reportados para este tipo de bosque indican un área basal de $17.9 \pm 2.9 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$, una densidad de $5930 \pm 3005 \text{ fustes} \cdot \text{ha}^{-1}$ y una altura de $8.2 \pm 1.1 \text{ m}$ (Agraz-Hernández *et al.*, 2006).

- *Matorral*

Se caracteriza por su escaso desarrollo estructural, lo cual es consecuencia de encontrarse retirado de las fuentes de nutrientes terrígenicos provenientes de los ríos y los escurrimientos, o por localizarse en áreas de intensa evaporación y, por lo tanto, en condiciones de hipersalinidad en los sedimentos. Los valores reportados para este tipo de bosque indican un área basal de $0.6 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ una densidad de $25\ 030 \text{ fustes} \cdot \text{ha}^{-1}$ y una altura de 1.0 m (Agraz-Hernández *et al.*, 2006).

1.4 Hidroperíodo y microtopografía

El hidroperíodo de un humedal es el resultado de varios factores: a) el balance entre las entradas y salidas de agua, lo cual define la frecuencia de inundación del humedal. Los principales componentes son b) la precipitación, los flujos superficiales de entrada y salida, el manto freático, la evaporación y de manera destacada las mareas y la microtopografía y en regiones áridas y semiáridas la salinidad intersticial, c) el contorno de la superficie donde fluye el humedal y d) las condiciones del suelo, manto freático y geología, estos dos últimos serán los factores que determinarán la capacidad del humedal para almacenar agua (Mitsch y Gosselink, 2000).

En una misma zona, el hidroperíodo también está relacionado con la intensidad de las mareas y las pequeñas variaciones en el relieve o topografía. La caracterización de microtopografía de los humedales permite determinar la distribución de los diferentes tipos de humedales, las áreas potenciales de restauración, así como la ampliación o creación de nuevas áreas para determinado tipo de humedal (Lewis, 1982). Las estructuras geomorfológicas, como son los distintos tipos de humedales, playas y dunas, sufrirán ajustes espaciales en respuesta a gradientes de energía cambiantes. Estos ajustes se darán a través de la migración de las estructuras geomorfológicas, manteniendo con ello su posición en el gradiente de energía costera (Pethick, 2001).

2. Justificación

Los humedales costeros son muy importantes para la biodiversidad de las regiones tropicales y subtropicales del mundo (Field, 1996). En particular, la alta productividad de los manglares hace que sean ecosistemas de los cuales se obtiene gran cantidad de servicios, bienes y atributos, por este motivo, la conservación de estos ecosistemas debe ser considerado como prioridad mundial.

Como consecuencia del incremento demográfico en Mazatlán y del desarrollo industrial costero en los últimos años, la contaminación de los ecosistemas costeros y recursos hídricos es cada vez mayor debido a que estos son el destino final de residuos industriales y domésticos: responsables de la alteración en la calidad del agua.

Esta problemática incluye, también, la modificación de otros ecosistemas, como es la tala de bosques de manglar, el dragado, relleno de humedales, granjas camaroneras y los asentamientos informales.

El estero de Urías es un sistema lagunar que constituye un ecosistema con una compleja trama de interacciones biológicas que hoy día son impactadas por las actividades humanas (Covantes, 2005).

Este trabajo se divide en dos secciones: 1) La dinámica de nutrientes para determinar la calidad del agua del estero de Urías y otros humedales, tomando en cuenta parámetros fisicoquímicos y comparándolos con normativas nacionales. 2) La evaluación ecológica para determinar la salud de los ecosistemas de manglar del estero de Urías. Esto, con el fin de tener un monitoreo y una perspectiva actualizada del sistema.

3. Antecedentes

México se caracteriza por una gran cantidad de esteros y lagunas costeras, las cuales van de la mano con ecosistemas de manglar y otros humedales (Figura 2), estos actúan como refugio y zona de alimentación de larvas y juveniles de peces, crustáceos y moluscos por lo que funcionan como hábitat de apoyo a las pesquerías, así como zona pesquera en si mismo y hacia la zona marina adyacente, estabilizadores de sedimentos, proveen las condiciones adecuadas para el establecimiento de diversa fauna asociada a estos sistemas como son: aves, mamíferos, crustáceos, peces (ambos con especies de interés económica), entre otros. Protegen de la erosión causada por corrientes y oleajes, principalmente en época de huracanes, de igual manera, son importantes contenedores de nutrientes, actúan como filtros biológicos que mejoran la calidad de agua. Asimismo, por su atractivo como paisaje, pueden ser explotados por el sector turístico (Flores-Verdugo, 1989, Agráz-Hernandez, *et al.*, 2006).

El sistema lagunar Urías es uno de los más estudiados del país y también es uno de los más perturbados por las actividades humanas. Álvarez-León (1977) realizó los primeros estudios en el sistema, quien describió por primera vez el exceso de nutrientes y materia orgánica en el estero como efecto de las actividades antrópicas. Páez-Osuna *et al.* (1997) describe la presencia de altas concentraciones de nitrógeno inorgánico atribuyéndolas a las actividades acuícolas y a las descargas de aguas residuales de los asentamientos humanos adyacentes al sistema. CONAGUA en 2001 realizó el primer estudio donde intervienen aspectos fisicoquímicos y biológicos con el fin de comparar al estero de Urías con otros sistemas estuarinos de país.

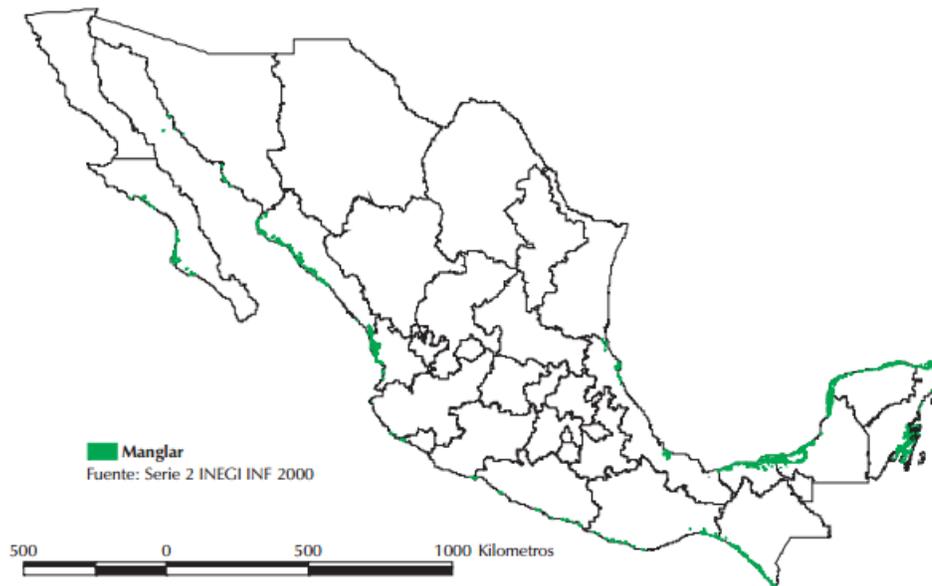


Figura 2. Superficie y ubicación de los manglares en la República Mexicana.

Para los ecosistemas de manglar la topografía, el hidroperíodo, las mareas, el sustrato, los nutrientes, los aportes fluviales y pluviales, periodos de inundación, la frecuencia de huracanes, la salinidad, entre otros factores son determinantes para el desarrollo y distribución del bosque de manglar. La modificación de cualquiera de estas variables puede llegar a alterar considerablemente a la comunidad y dañar hectáreas de bosque (Lugo y Snedaker, 1974; Chapman, 1970; Cintron *et al.*, 1978; Hutchings y Saenger, 1987; Odum *et al.*, 1982; Blasco, 1988; Flores-Verdugo, 1992, 2001, 2002).

Normalmente el bosque de manglar tiene una zonación bien definida (Figura 1) Medina (1999) menciona que esto depende de las condiciones ambientales en general, como son los gradientes de salinidad, el periodo de inundación y la topografía.

Lugo y Snedaker (1974) sugieren la primera zonación definida de *R. mangle* en el canal de marea, seguido por *L. racemosa*, *A. germinans*, *C. erectus* y cercano a las marismas se tiene vegetación terrestre.

En la tabla 1 y 2 se desglosa información sobre estudios en humedales y ecosistemas de manglar, enfocados principalmente en nutrientes, producción de hojarasca, hidroperíodo y microtopografía, que se han realizado en el país y a nivel mundial respectivamente.

(ANEXO I referencias bibliográficas para antecedentes).

Tabla 1. Antecedentes de diferentes estudios en humedales y ecosistemas de manglar en México.

Año	Autor	Contribución	Tipo de estudio	Área de estudio
1990	Flores-Verdugo <i>et al.</i>	Evaluación de productividad primaria, producción y degradación de hojarasca.	Hojarasca Productividad	Teacapán-Agua Brava.
1993	Flores-Verdugo <i>et al.</i>	La hojarasca estacional y las estructuras características de lagunas costeras con entradas de agua permanentes y efímeras comparado con manglares de sitios subhúmedos.	Hojarasca	Golfo de California y Costa Pacifico.
1997	Flores-Verdugo <i>et al.</i>	Descripción ecológica de la región, el impacto antrópico que han sufrido estas áreas y como se han tratado.	Estructura Forestal	Complejo Teacapán-Agua Brava-Marismas Nacionales.
1997	De la Lanza <i>et al.</i>	Evaluación de nutrientes en un sitio con influencia agroindustrial. Indicando que los niveles de nutrientes podrían poner en peligro el ecosistema y la pesquería sostenible.	Nutrientes	Bahía de Altata-Ensenada del Pabellón.
2004	Arreola-Lizárga <i>et al.</i>	Estructura y producción de hojarasca en un manglar de <i>Avicennia germinans</i> en un sitio semiárido.	Hojarasca	Las Guásimas, Golfo de California.
2006	Aké-Castillo <i>et al.</i>	La producción y descomposición de hojarasca de <i>Rhizophora mangle</i> se registró en una laguna de Veracruz durante un año. Esta región se caracteriza por tener 3 estaciones: nortes, secas y lluviosa.	Hojarasca	Veracruz.
2007	Flores-Verdugo <i>et al.</i>	Se muestra la importancia del hidroperíodo en el establecimiento de plantas nativas de humedales de agua dulce y cómo su modificación favorece la entrada.	Topografía Hidroperíodo	La Mancha, Veracruz.
2008	Utrera-López	Se determinó la caída de hojarasca y las tasas de crecimiento de las 4 especies de manglar.	Hojarasca	La Mancha, Veracruz.
2010	Sánchez-Andrés <i>et al.</i>	Este estudio muestra los resultados sobre la dinámica de hojarasca y el deterioro en manglares de <i>Avicennia germinans</i> distribuidos a lo largo de un gradiente latitudinal (tres sitios forestales) con el fin de evaluar si las fuentes internas podrían mejorar el déficit orgánico del ecosistema de manglar observada en este árido-tropical.	Hojarasca Nutrientes	Golfo de California.
2011	Agraz Hernández <i>et al.</i>	Impacto de camaricultura en ecosistemas de manglar	Restauración	Costa Pacifico
2011	Agraz Hernández <i>et al.</i>	Perfil topográfico y de vegetación a lo largo de un humedal, así como evaluación de hidroperíodo en diferentes sitios.	Topografía Hidroperíodo	La Mancha, Veracruz
2012	Moroyoqui-Rojo <i>et al.</i>	Remoción de nutrientes de dos especies de manglares (<i>R. mangle</i> y <i>L. racemosa</i>) en estanque de cultivo con camarón (<i>Litopenaeus vannamei</i>)	Nutrientes	Mazatlán
2012	Coronado-Molina <i>et al.</i>	De 1996 a 2002, se mide la estructura forestal, hojarasca, y las tasas de sedimentación de arena en matorrales y bosques de ribereños en dos ecosistemas de manglar contrastantes: un sistema de carbonato y un sistema terrígeno en Laguna de términos.	Estructura forestal Hojarasca	Laguna de Términos
2012	Infante Mata <i>et al.</i>	Se evaluó la productividad de 5 humedales en el área central de México midiendo la hojarasca. Esta productividad se calcula sobre una base mensual desde noviembre 2005 a octubre 2006.	Hojarasca	Veracruz
2013	Ochoa-Izaguirre <i>et al.</i>	Se analizaron las concentraciones químicas de nitrógeno y su composición isotópica en la columna de agua en	Nutrientes	Sistema lagunar Urías, Golfo de California.

		738 muestras de macroalgas recolectadas en un periodo de un año.		
2014	Monroy-Torres M <i>et al.</i>	El efecto del hidroperiodo en el crecimiento y supervivencia de plántulas de mangle rojo (<i>R mangle</i>), blanco (<i>L racemosa</i>) y negro (<i>A germinans</i>) en estanque experimental.	Hidroperiodo	Mazatlán
2015	Flores-Verdugo <i>et al.</i>	Evaluar la función de los cambios hidrológicos e irradiación en el crecimiento de mangle negro (<i>Avicennia germinans</i>)	Hidroperiodo	Mazatlán, Estero de Urias

Tabla 2. Antecedentes de diferentes estudios en humedales y ecosistemas de manglar en el mundo.

Año	Autor	Contribución	Tipo de estudio	Área de estudio
1977	Onuf <i>et al.</i>	Evaluación del enriquecimiento de nutrientes en humedales con mangle rojo (<i>R. mangle</i>) comparando dos sitios: uno con alto nivel de nutrientes y otro con bajos niveles.	Nutrientes	Florida, Estados Unidos de Norteamérica.
1982	Nixon	Mínimas y máximas concentraciones de nutrientes inorgánicos registrados durante un año en humedales lagunares y estuarinos.	Nutrientes	Norteamérica Sudamérica Europa
1988	Lugo <i>et al.</i>	Revisión bibliográfica extensa de humedales boscosos de Norteamérica en el que se consideran factores hidrológicos y productividad.	Hidroperiodo Ecología	Estados Unidos de Norteamérica.
1996	Alongi.	Variaciones y tasas de intercambio de nutrientes en un bosque de <i>Rizophora mangle</i> en un periodo de 5 años. Obteniéndose niveles bajos de NO ₂ ⁻ y NO ₃ ⁻ y niveles más elevados para NH ₄ y PO ₄ ³⁻	Nutrientes	Queensland, Australia.
1996	Wafar <i>et al.</i>	Producción, composición elemental y descomposición in situ de hojarasca de las especies: <i>Rhizophora apiculata</i> , <i>R. mucronata</i> , <i>Sonneratia alba</i> y <i>Avicennia officinalis</i> .	Hojarasca	Estuario de Mandovi-Zuari India
1998	Ayukai <i>et al.</i>	Variaciones en concentraciones de nitratos, fosfatos, silicatos, carbono orgánico disuelto y carbono orgánico particulado se midieron durante 5 ciclos de marea en un ecosistema de manglar al noreste de Australia.	Nutrientes	Australia.
1998	Clough, B.	Fijación anual de carbono y biomasa en un bosque de manglar.	Nutrientes - Biomasa	Canal Hinchinbrook, Australia.
1999	Mitsh W., J. <i>et al.</i>	Concentraciones de nitrógeno orgánico e inorgánico bajos diferentes condiciones ambientales como la hipoxia o eutrofización en humedales.	Nutrientes	Norte del Golfo de México
2001	Dittmar, T. <i>et al.</i>	Evaluación de la dinámica de nutrientes orgánicos e inorgánicos en uno de los ecosistemas de manglar más grandes del mundo. Se tomaron muestras a lo largo de un año en 36 ciclos de marea.	Nutrientes	Norte de Brasil
2006	Bridgham S. D. <i>et al.</i>	Revisión de los balances de carbono en humedales de Norteamérica, sintetizando literatura y bases de datos.	Nutrientes	Estados Unidos de Norteamérica.
2006	Vymazal J.	Procesos que afectan la remoción y retención de nitrógeno durante una construcción de humedales.	Nutrientes	Carolina del Norte, Estados Unidos de Norteamérica.

4. Hipótesis

El sistema lagunar Urías es uno de los ecosistemas más impactados por las actividades humanas y es también uno de los más estudiados en el país (Ochoa-Izaguirre *et al.* 2005).

Por esta razón se han planteado las siguientes hipótesis:

1. Las concentraciones de nutrientes en el Estero de Urías y humedales restaurados de Isla de la Piedra dependerán de las actividades antrópicas y de las épocas climáticas (cálido seco, lluvioso y frío seco).
2. La distribución de diferentes especies de manglar como los diferentes tipos fisonómicos en el Estero de Urías están regulados por la microtopografía y el hidroperíodo.
3. La producción de hojarasca y la estructura forestal está determinado por el nivel de desarrollo de los bosques de manglar.

5. Objetivos

5.1 Objetivo general

Desarrollar un estudio integral donde se describa y analice la dinámica de nutrientes, la distribución, la estructura y la productividad de ecosistemas naturales y perturbados de manglar en el Estero de Urías y humedales restaurados de Isla de la Piedra, sur de Sinaloa durante un periodo de 14 meses con el fin de monitorear el grado de deterioro por efectos antropogénicos en sistema lagunar.

5.2 Objetivos particulares

- Determinar la dinámica temporal-espacial que presentan determinados **nutrientes** (NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ , y PO_4^{3-}), el **NID (Nitrógeno Inorgánico Disuelto)**, la relación **N:P**, la **salinidad** y **temperatura** en un periodo de 14 meses en los ambientes saludables, restaurados y perturbados de humedales y estuarios al sur del Sinaloa en el complejo de humedales Isla de la Piedra y el Estero de Urías (Mazatlán).
- Caracterizar la **microtopografía** para determinar la distribución espacial de diferentes tipos fisionómicos y especies de manglar.
- Determinar la **estructura forestal**.
- Evaluar la producción de **hojarasca** para determinar la productividad de un bosque de manglar y los efectos sobre la misma por eventos antrópicos o naturales con la dinámica de nutrientes.

6. Área de estudio

Mazatlán se encuentra localizado en la porción sur del Estado de Sinaloa, entre los meridianos $105^{\circ} 56'55''$ y $106^{\circ} 37'10''$ al oeste del meridiano de Greenwich, y entre los paralelos $23^{\circ} 04'25''$ y $23^{\circ} 50'22''$ de latitud norte (Figura 3). La altura media sobre el nivel del mar es de 1.2 m.



Figura 3. Localización geográfica de Mazatlán.

6.1 Estero de Urías

El sistema lagunar costero, Urías, localizado en una planicie aluvial en el estado de Sinaloa, México a 23° 09' y 23° 12' de latitud norte y los 106° 18' y 106° 25' de longitud oeste, al sur de Mazatlán y al norte de la desembocadura del río Presidio en la entrada al Golfo de California. (Figura 4) (Álvarez., 1977, Montaña-Ley *et al.*, 2008).

El estero de Urías es una laguna costera de barrera con poca profundidad, con comunicación libre y permanente con el mar y con aportes de agua dulce muy reducidos de los escurrimientos provenientes de la Sierra Madre Occidental y de un complejo sistema de esteros (Caimán, Pichichines, Confite y Barón), es verticalmente mezclado con un canal principal directo al océano pacífico.

El clima de la región es tropical- subtropical y presenta un patrón que define tres épocas: lluviosa de julio a octubre, seca-fría de noviembre a abril y seca-cálida de mayo a junio (Ochoa-Izaguirre *et al.*, 2013).

La temperatura media anual varia de 24° a 26° C, la salinidad se observa en un rango de 33 a 38 ups, tomando como promedio 35 ups para el otoño y 34 ups para el invierno. La precipitación anual total, que ocurre principalmente en los meses de julio y septiembre va de 800 a 1000 mm. (INEGI, 2013).

El sistema presenta tres especies de mangle: mangle rojo (*R. mangle*), mangle blanco (*L. racemosa*), y mangle negro (*A. germinans*) (Moroyoqui-Rojo, 2005).

6.2 Isla de la Piedra

Ubicada en el Estero de Urías, Isla de la Piedra dispone de 30 km² de superficie y mide aproximadamente 14.5 kilómetros de largo por 2.5 kilómetros de ancho (Figura 4).

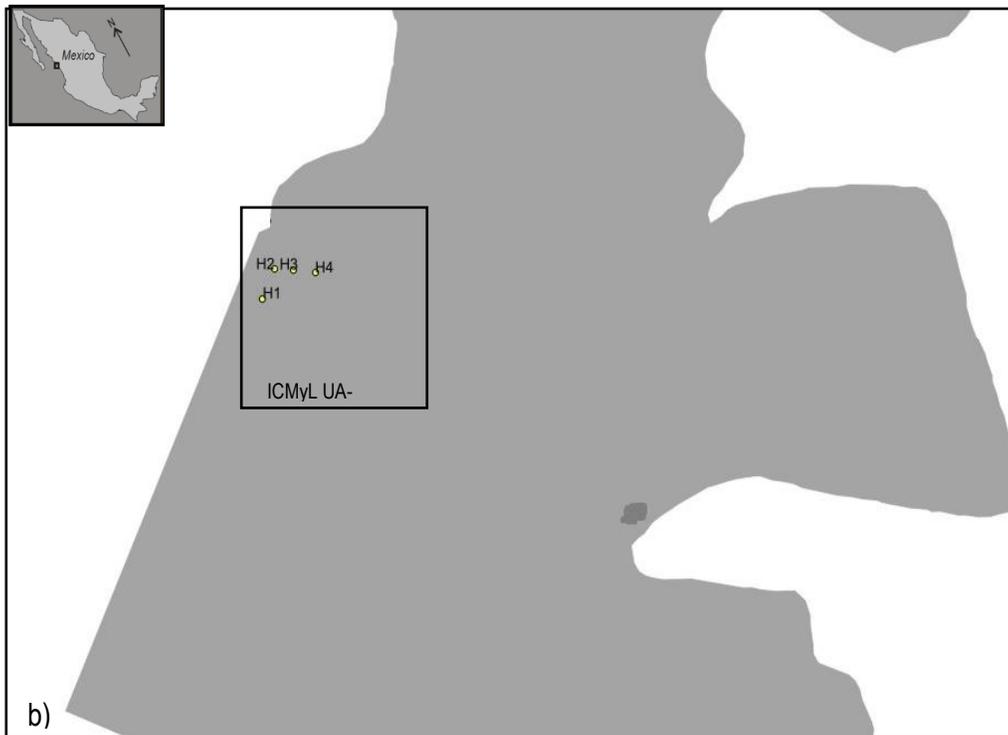
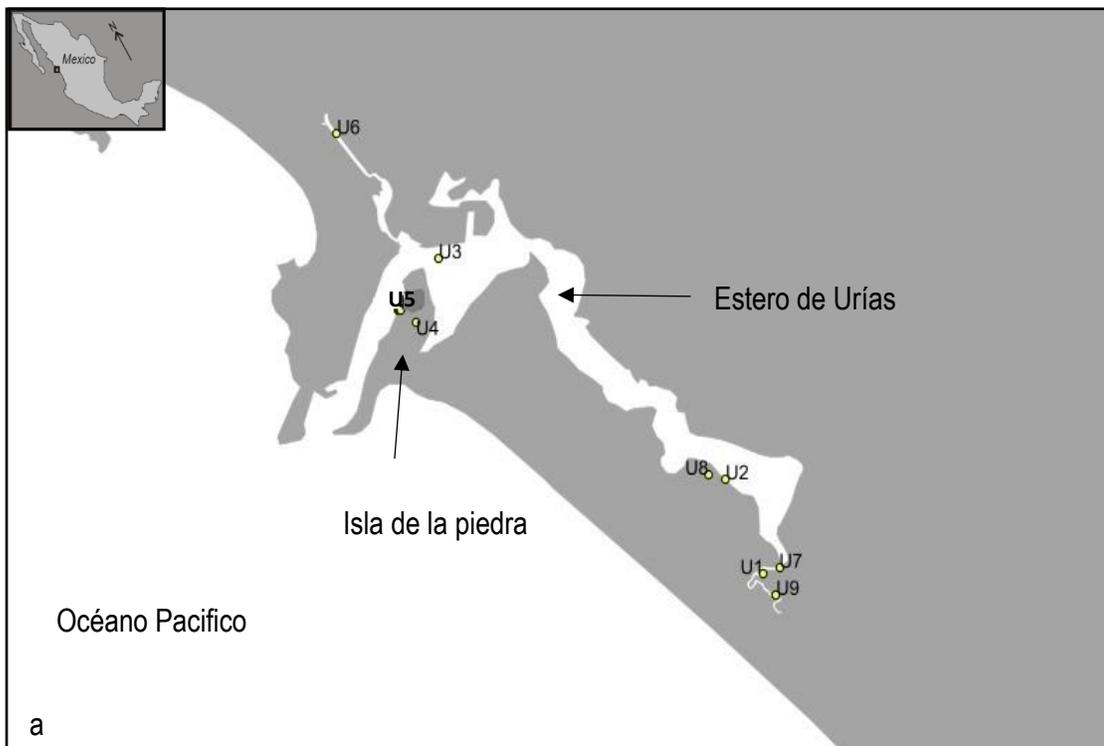


Figura 4. Ubicación de todos los sitios de muestreo. **a) Estero de Uriás:** **U1** Manglar saludable (N, EF), **U2** Granja camaronera (N), **U3** Flota camaronera (N), **U4** Manglar con desechos (N), **U5** Muelle, **U6** puente jabalines, **U7** manglar saludable (MT), **U8** Manglar saludable con canales (MT), **U9** Manglar islote

b) Isla de la piedra: **H1** Humedal de agua dulce (N), **H2** Humedal estuarino(N), **H3** Humedal de agua dulce (N), **H4** Humedal con tular (N).

N: Nutrientes, MT: Microtopografía, EF: Estructura Forestal

7. Materiales y Métodos

7.1 Trabajo de campo

La toma de muestras se llevó a cabo mensualmente en un periodo de 14 meses. Se colectaron muestras en distintos puntos del Estero de Urías, Isla de la Piedra y en el Estero de Jabalines (véase tabla 3 y figura 4), los cuales fueron ubicados previamente para identificar las fuentes naturales y antropogénicas de N.

7.1.1 Descripción de los sitios de muestreo

- Estaciones U1, U7, U9

Localizadas en el la cabecera lagunar, estos sitios se caracterizan por la presencia de manglar tipo borde de las especies. *Rhizophora mangle* (mangle rojo), *Avicennia germinans* (mangle negro) y *Laguncularia racemosa* (mangle blanco). Recibe aportes de agua dulce y nitrógeno por granjas camaronícolas y fertilizantes agrícolas por escurrimiento en época de lluvias. Esta parte del Estero de Urías presenta baja tasa de recambio de agua, lo cual representa la acumulación de contaminantes (Tabla 3) (Montaño-Ley *et al.*, 2008).

- Estaciones U2, U8

Localizadas en la zona de transición entre el hábitat lagunar y el lagunar marino. Presentan diversas actividades industriales y se caracterizan por la cercanía a la planta termoeléctrica de Mazatlán, la cual arroja agua sobrecalentadas al sistema. El área también se caracteriza por recibir altas cargas de nitrógeno provenientes de empacadoras y procesadoras de mariscos y granjas camaroneras (Tabla 3) (Páez-Osuna *et al.*, 2007).

- Estaciones U3, U5, U4

Localizadas donde se desarrollan actividades portuarias, navales, atunera, camaronera y mercante. Se descargan desechos domésticos provenientes de asentamientos humanos alrededor. El patrón de circulación de la zona corresponde a dos giros: anticiclónico y ciclónico (Montaño-Ley *et al.*, 2008) lo que sugiere una mezcla de las diferentes fuentes de aguas (Tabla 3).

- Estación U6

Localizada dentro de la ciudad de Mazatlán, se caracteriza por el aporte de aguas residuales provenientes de asentamientos humanos. A pesar de la alta contaminación que se presenta en el canal de Jabalines se puede encontrar a *Avicennia germinans* (mangle negro) de tipo borde y matorral a lo largo del canal (Tabla 3).

- Estaciones H1, H2, H3 y H4

Localizadas en el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Isla de la Piedra. Humedales artificiales con influencia del Estero de Urías y de la población de Isla de la Piedra. Se caracterizan por ser humedales de agua dulce y estuarina (Tabla 3).

Tabla 3. Hábitats, sitios, posicionamiento y tipo de nuestros para cada sitio.

Estación	Sitio	Locación	Lat N	Long O	Tipo de muestreo
Estero					
U1	Manglar Saludable	Estero de Urías	23° 9'9.36"	106°20'3.14"	Estructura forestal, nutrientes, microtopografía, hidroperíodo, hojarasca, degradados.
U2	Granja Camaronera	Estero de Urías	23°10'10.54"	106°20'29.83"	Nutrientes
U3	Flota Camaronera	Estero de Urías	23°12'33.48"	106°23'52.05"	Nutrientes
U4	Manglar con desechos	Isla de la piedra	23°11'52.70"	106°24'8.07"	Nutrientes
U5	Muelle	Isla de la piedra	23°12'2.14"	106°24'21.14"	Nutrientes
U6	Puente Jabalies	Cd. Mazatlán	23°13'54.08"	106°25'3.67"	Nutrientes
U7	Manglar Saludable con marisma	Estero de Urías	23° 9'13.30"	106°19'52.05"	Estructura Forestal, microtopografía
U8	Manglar saludable con canales	Estero de Urías	23°10'13.61"	106°20'41.95"	Estructura Forestal, microtopografía
U9	Manglar Islote	Estero de Urías	23°08'.930"	106°19.904"	Microtopografía
Humedales					
H1	Humedal de agua dulce	Isla de la piedra	23°11'59.77"	106°24'20.80"	Nutrientes
H2	Humedal estuarino	Isla de la piedra	23°12'0.71"	106°24'20.39"	Nutrientes
H3	Humedal de agua dulce	Isla de la piedra	23°12'0.70"	106°24'19.73"	Nutrientes
H4	Humedal con tular	Isla de la piedra	23°12'0.60"	106°24'18.97"	Nutrientes

7.1.2 Nutrientes

Para la toma de muestras se utilizaron botellas de plástico previamente rotuladas (3 réplicas para cada sitio). Paralelo a la toma de muestras de agua, se midieron las variables fisicoquímicas *in situ*: temperatura y salinidad con un oxímetro y un refractómetro respectivamente.

7.1.3 Microtopografía

En el Estero de Urías se reconoció la distribución del manglar en función del hidroperíodo mediante la determinación de la geomorfología por microtopografía, los datos se obtienen en campo, posteriormente se vacían en hojas de cálculo para su análisis estadístico.

Para determinar la microtopografía se utilizó el procedimiento descrito por García-Márquez (1984) modificado por Flores-Verdugo *et. al.* (2007). Para ello, se utilizó una manguera transparente de 12 m de longitud y 0.5 cm de diámetro la cual se llenó de agua y con algún tipo de colorante, tubos de pvc de ½" y una varilla de fijación 3/8" de 1 m.

La varilla se fija al suelo con un martillo y el tubo de pvc se instala sobre la varilla previamente fijada. El menisco de agua en un extremo de la manguera se marca y se mantiene como nivel de referencia "0". Entre el primer y segundo punto se colocan los respectivos estadales a los cuáles se lleva el menisco de agua de un extremo al otro de la manguera; se determinó la distancia vertical al suelo en centímetros como la distancia entre los estadales en metros este primer transecto es registrado como el punto 1. El siguiente punto (punto 2) tiene como referencia el anterior (punto 1) y así sucesivamente hasta abarcar la franja de manglar y los ambientes adyacentes. Los puntos del transecto fueron determinados por un cambio en la vegetación, en el relieve o la longitud de la manguera.

7.1.4 Estructura Forestal

Se evaluaron dos localidades de manglar, las variables de la vegetación que se consideraron para cada especie fueron: número de individuos por especie, ramas por individuo (en el caso del bosque tipo matorral) y la sumatoria del diámetro de troncos por individuo.

La estructura forestal se realizó por el método de los cuadrantes a un punto central de Cintrón–Molero y Schaeffer, 1984 (Figura 5), en el estero de Urías.

En cada punto se instaló una cruceta de madera sobre un poste, evitando moverlo una vez instalado (Figura 5). La cruceta define 4 planos al infinito. En cada plano se determina la distancia (d) del árbol más cercano, circunferencia (perímetro) a la altura del pecho y la especie en cada punto (1 cuadrante implica 4 árboles por punto). Se incluyeron los árboles muertos de ser el más cercano al punto (solo se puede medir un árbol o fuste por cuadrante sea vivo o muerto). Esto con el fin de poder determinar el porcentaje de bosque muerto y el grado de desarrollo que alcanzó.

Para convertir la circunferencia en diámetro, se utilizó la fórmula:

$$c = \pi d$$

Donde: **c** es la circunferencia y **d** el diámetro y donde el radio (**r**) es **r = diámetro/2**

Las densidades relativas de cada especie se obtienen dividiendo el número de fustes de una especie entre el total de árboles muestreados en el transecto y se multiplica por 100.

La densidad absoluta del bosque o fustes/ hectárea se determinó sacando el inverso de la distancia promedio al cuadrado por 10,000 es decir:

$$Dt = (1/ d^2) \times 10000$$

Donde: **Dt** es la densidad absoluta del bosque en fustes/hectárea y **d** es la distancia promedio en metros del total de mediciones del transecto.

La densidad absoluta de cada especie se obtuvo al multiplicar la densidad absoluta del bosque (Dt) por la densidad relativa de la especie 1 entre 100.

Para obtener el área basal promedio de cada especie (en cm²) se calcularon las áreas basales de cada árbol (**C² / 4π**) y se promedian las de la misma especie (ABsp). Se repitió para cada especie diferente.

El área basal/hectárea de cada especie (ABsp/ha) se obtuvo al multiplicar el promedio del área (A) en cm² de la especie 1 (Asp1) por la densidad absoluta de esa especie (DenAbsSp) entre 10,000 para obtener el resultado en m² /ha.

Para calcular el área basal total/ ha de todo el bosque, se sumaron las ABs/ha de todas las especies de manglar y para el área basal de cada árbol se utilizó la fórmula **AB = C² / 4π ó π r²**.

En la tabla 3 se desglosa la información para cada sitio de muestreo.

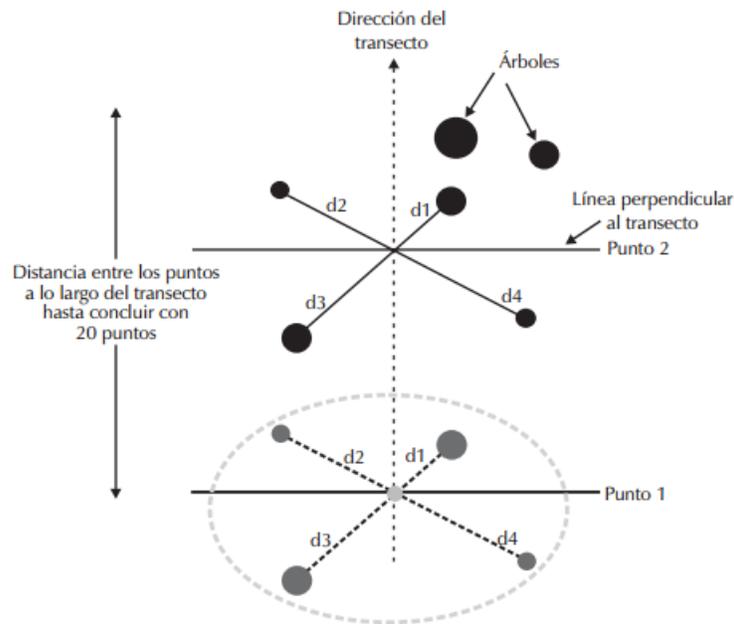


Figura 5. Método de cuadrantes. Cuatro distancias son medidas, uno por cada punto cardinal de la cruceta. Estas distancias serán de los árboles que se encuentren más cerca del punto central de la cruceta y de cada árbol es medido su diámetro (cm), identificado la especie y altura (m). Los árboles medidos no son tomados para la siguiente determinación (punto).

7.1.5 Hojarasca

En un manglar saludable del Estero de Urías, se evaluó la producción de hojarasca mediante la instalación de 10 canastillas de defoliación de tela de mosquitero con marco de madera. Las hojarascas se colectaron en bolsas de papel previamente rotuladas con la fecha y número de canastilla (se colectaron hojas, ramas, flores y propágulos).

7.2 Trabajo de laboratorio

7.2.1 Determinación de nutrientes

La determinación de nutrientes se efectuó en el Laboratorio de Ecosistemas Costeros y el Laboratorio de Isotopos Estables del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, Unidad Académica Mazatlán.

La determinación de nutrientes se llevó a cabo por medio de un espectrofotómetro. La concentración de nitrógeno amoniacal total (N-NH_4^+) se analizó mediante la técnica de fenol hipoclorito descrita por Riley (1953), los nitratos (N-NO_3^-), se efectuaron con una previa reducción en una columna de cadmio activo mediante el método de Morris y Riley (1963), la cuantificación de nitritos (N-NO_2^-) por el método de Bendschneider y Robison (1952), el nitrógeno inorgánico disuelto (NID) se obtuvo sumando las concentraciones de amonio, nitrito y nitrato.

El límite de detección del amonio fue de $0.006 \mu\text{M}$, el del nitrato fue de $0.086 \mu\text{M}$ y el del nitrito de 0.005

Los fosfatos (P-PO_4^{3-}) se determinaron mediante la técnica del molibdato-ascorbato según lo descrito por Murphy y Riley (1962). El límite de detección del fosfato fue de $0.003 \mu\text{M}$

Todas las técnicas fueron desarrolladas según lo recomendado por Strickland y Parsons (1972) para cada caso.

7.2.2 Hojarasca

Una vez colectada la hojarasca en campo, se colocó en el horno de convección a 70°C durante 7 días. Las muestras fueron instaladas en charolas de papel aluminio de $10 \times 10 \text{ cm}$, posteriormente se pesaron para obtener así el peso seco total y por partidas separadas hojas y ramas, propágulos, flores y misceláneos en una balanza marca OHAUS de 0.01 g de sensibilidad. Los valores se multiplicaron por 4 para obtener el peso seco en $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ y posteriormente por 10,000 para determinar la caída de hojarasca por hectárea. Se sacaron los promedios de todas las canastas por salida de campo y se registró la fecha para determinar el periodo de tiempo en días de acumulación previa la colecta anterior. Adicionalmente se contabilizaron los propágulos multiplicados $\times 4$ y multiplicados por 10,000 para determinar el número de propágulos que caen por hectárea.

7.3 Tratamiento estadístico

Para los datos de temperatura, salinidad y nutrientes se aplicaron pruebas de normalidad y homogeneidad de varianza, para ello se utilizó el programa XLSTAT 2017: Los datos no fueron normales ni homoscedásticos, por esta razón se aplicó la prueba para datos no paramétricos Kruskal-Wallis la cual no necesita una distribución específica.

Se hicieron comparaciones de estas variables (temperatura, salinidad y nutrientes) entre épocas climáticas, estaciones y meses obteniendo así si existen o no diferencias significativas.

8. Resultados

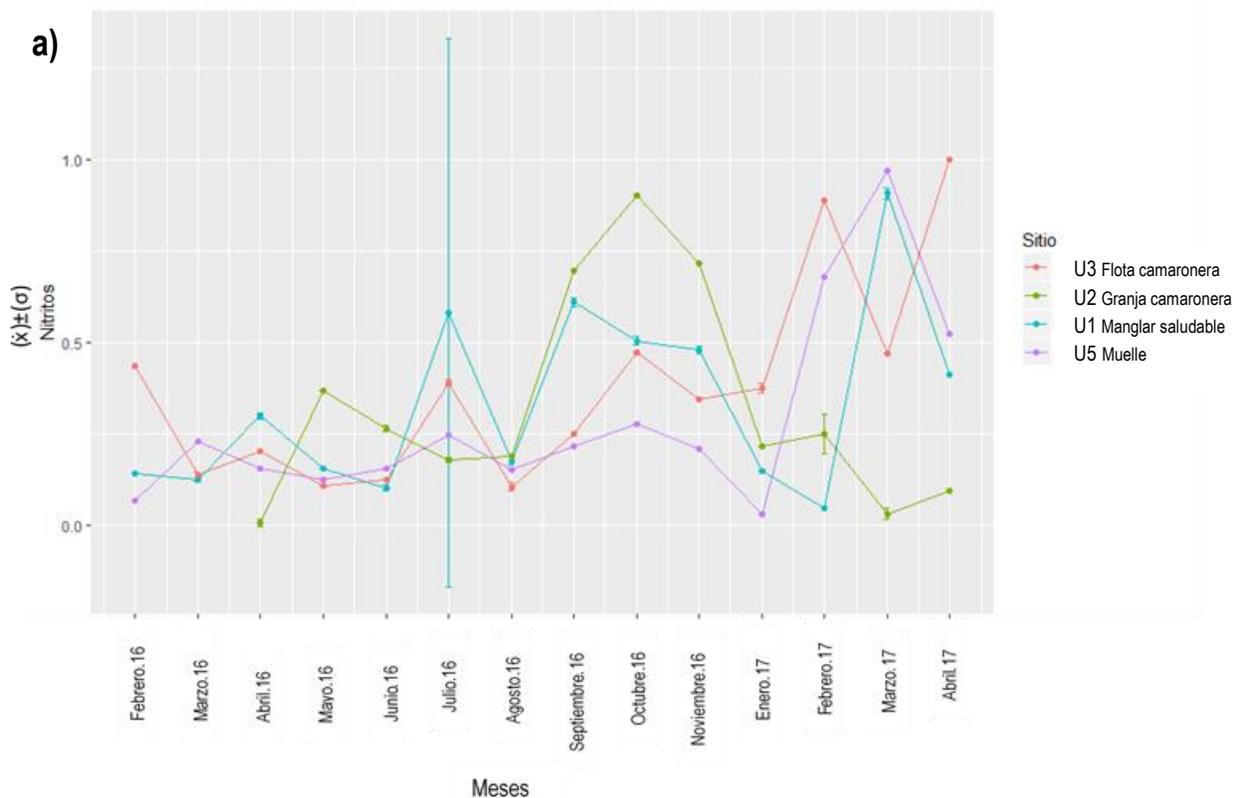
8.1 Dinámica de Nutrientes

Determinar la dinámica temporal-espacial que presentan determinados nutrientes (NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ , y PO_4^{3-}), el NID (Nitrógeno Inorgánico Disuelto), la relación N:P, la salinidad y temperatura en un periodo de 14 meses en los ambientes saludables, restaurados y perturbados de humedales y estuarios al sur del Sinaloa en el complejo de humedales Isla de la Piedra y el Estero de Urías (Mazatlán).

8.1.1 Nitritos (N-NO_2^-)

Las concentraciones de nitritos [$\text{N-NO}_2^- \mu\text{M}$] para el Estero de Urías presentaron un intervalo de valores de <L.D a $3.581 \mu\text{M}$ (Véase ANEXO II). Los valores más altos los presentó el sitio U6 (puente Jabalines) para el mes de agosto (lluvias) de 2016 y los más bajos el sitio U4 (Manglar con desechos) para los meses de enero y febrero (secas-frías) de 2017 (Figura 6).

El análisis Kruskal-Wallis muestra diferencias significativas en los nitritos entre sitios en el Estero de Urías durante el periodo de muestreo ($P= 0.024$, $gl=5$).



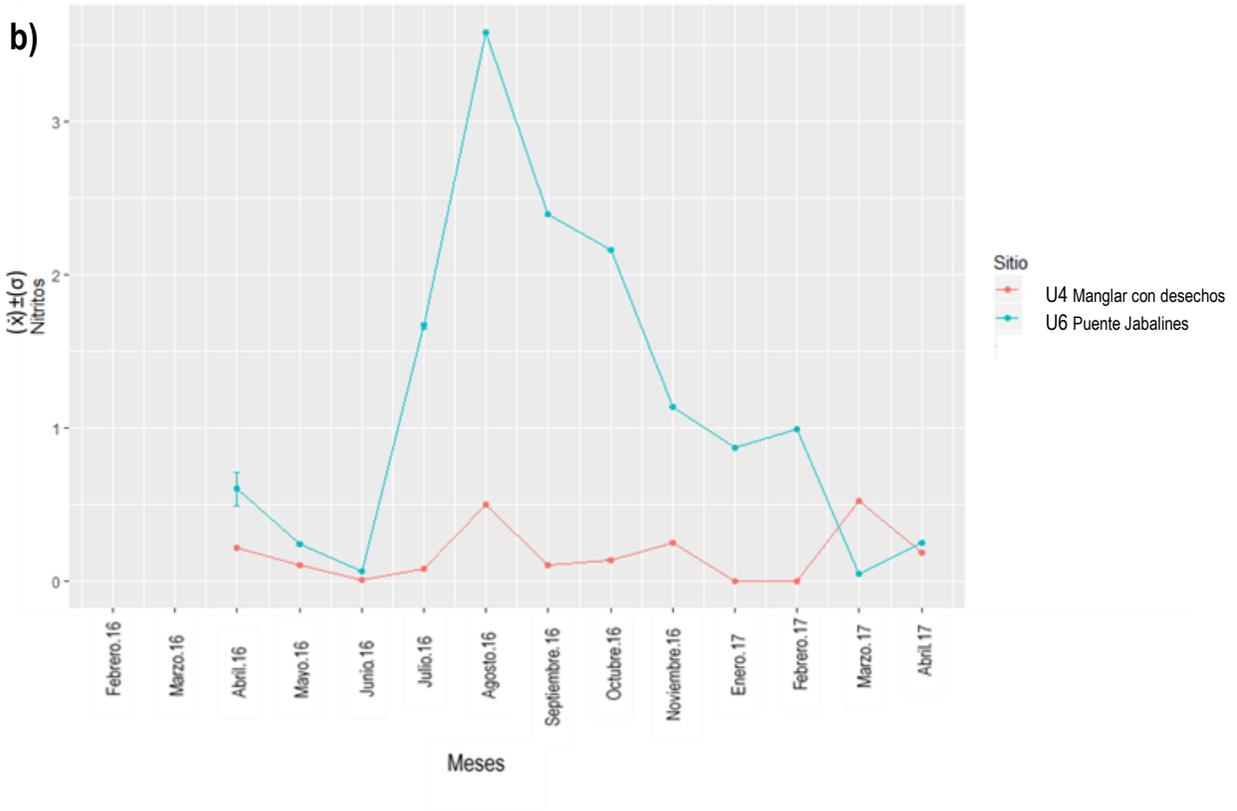


Figura 6. Concentración de nitritos $[N-NO_2; \mu M]$ en ambientes saludables y perturbados del Estero de Urías. a) Estaciones: U1, U2, U3 Y U5. b) Estaciones: U4 y U6.

Las concentraciones de nitritos $[N-NO_2^- \mu M]$ para humedales de Isla de la Piedra presentaron un intervalo de valores de $<L.D$ a $1.952 \mu M$ (Véase ANEXO II). Los valores más altos los presentó el sitio H3 (humedal de agua dulce II) para el mes de abril (secas-frías) de 2017 y los más bajos el sitio H4 (tular) para el mes de abril (secas-frías) de 2016 (Figura 7).

El análisis Kruskal-Wallis muestra no diferencias significativas en los nitritos entre sitios en los humedales de Isla de la Piedra durante el periodo de muestreo ($P= 0.143$, $gl=3$).

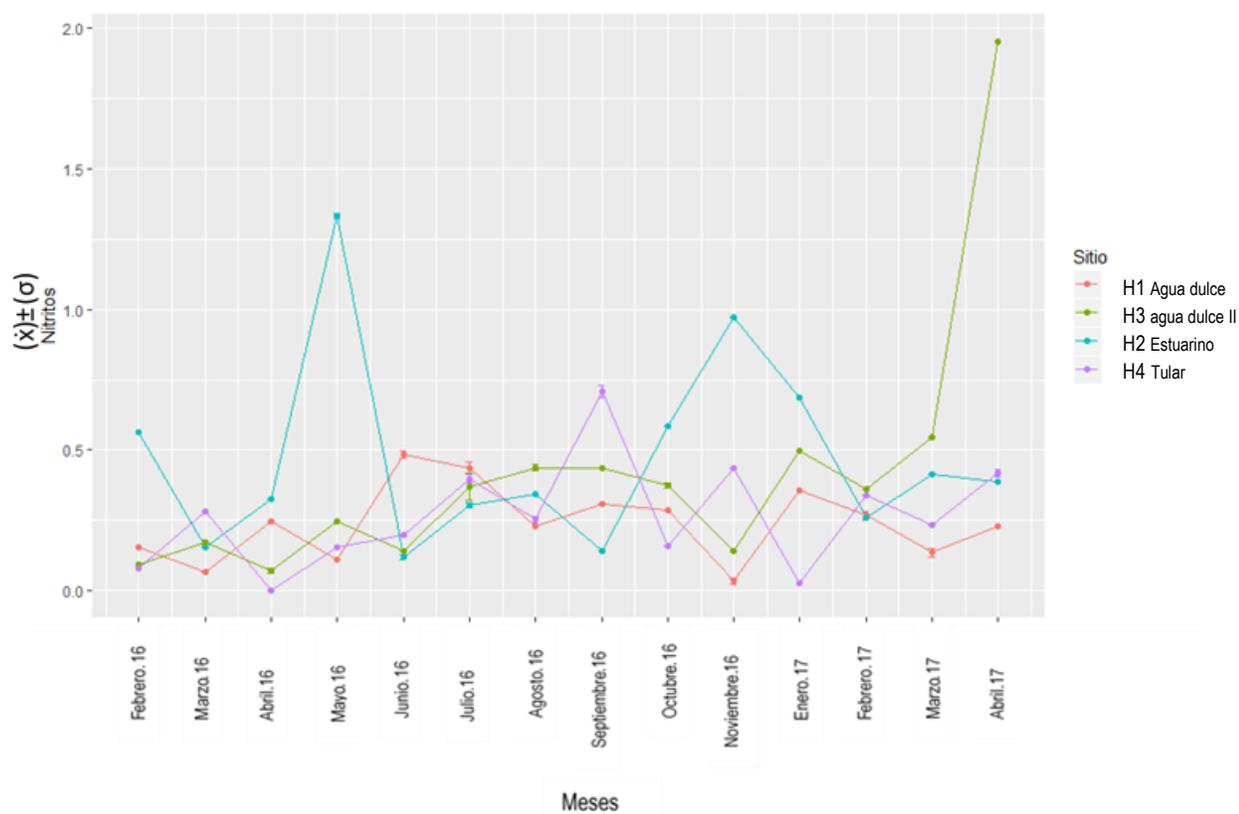
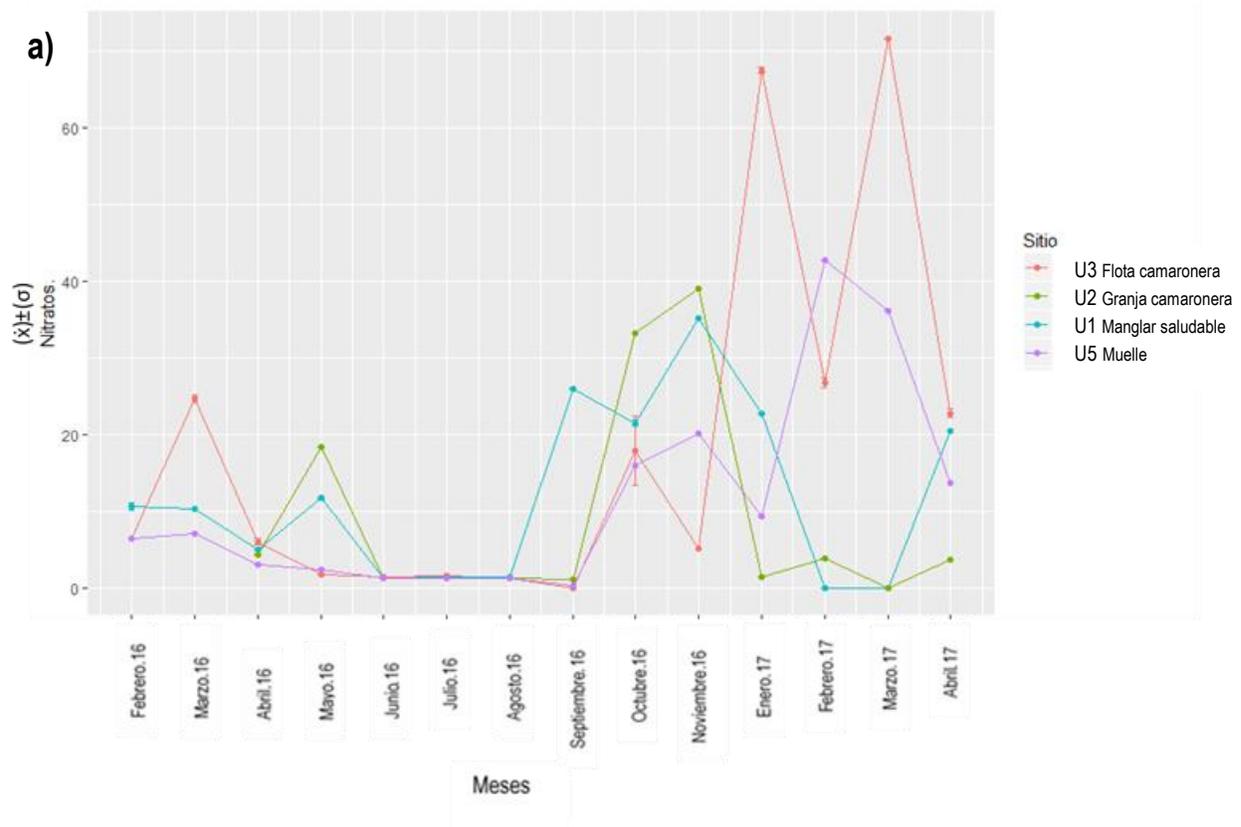


Figura 7. Concentración de nitritos $[N-NO_2^- \mu M]$ en humedales en Isla de la Piedra, Mazatlán.

8.1.2 Nitratos (N-NO₃⁻)

Las concentraciones de nitratos [N-NO₃⁻ μM] para el Estero de Urías presentaron un intervalo de valores de <L.D a 87.500 μM (Véase ANEXO II). Obteniéndose las concentraciones más altas en el sitio U6 (puente Jabalines) para el mes de agosto (lluvias) de 2016 y las más bajas en el sitio U4 (manglar con desechos) para los meses de septiembre, octubre (lluvias) de 2016 y febrero y marzo (secas-frías) de 2017 (Figura 8).

El análisis Kruskal-Wallis no muestra diferencias significativas en los nitratos entre sitios en el Estero de Urías durante el periodo de muestreo (P= 0.152, gl=5).



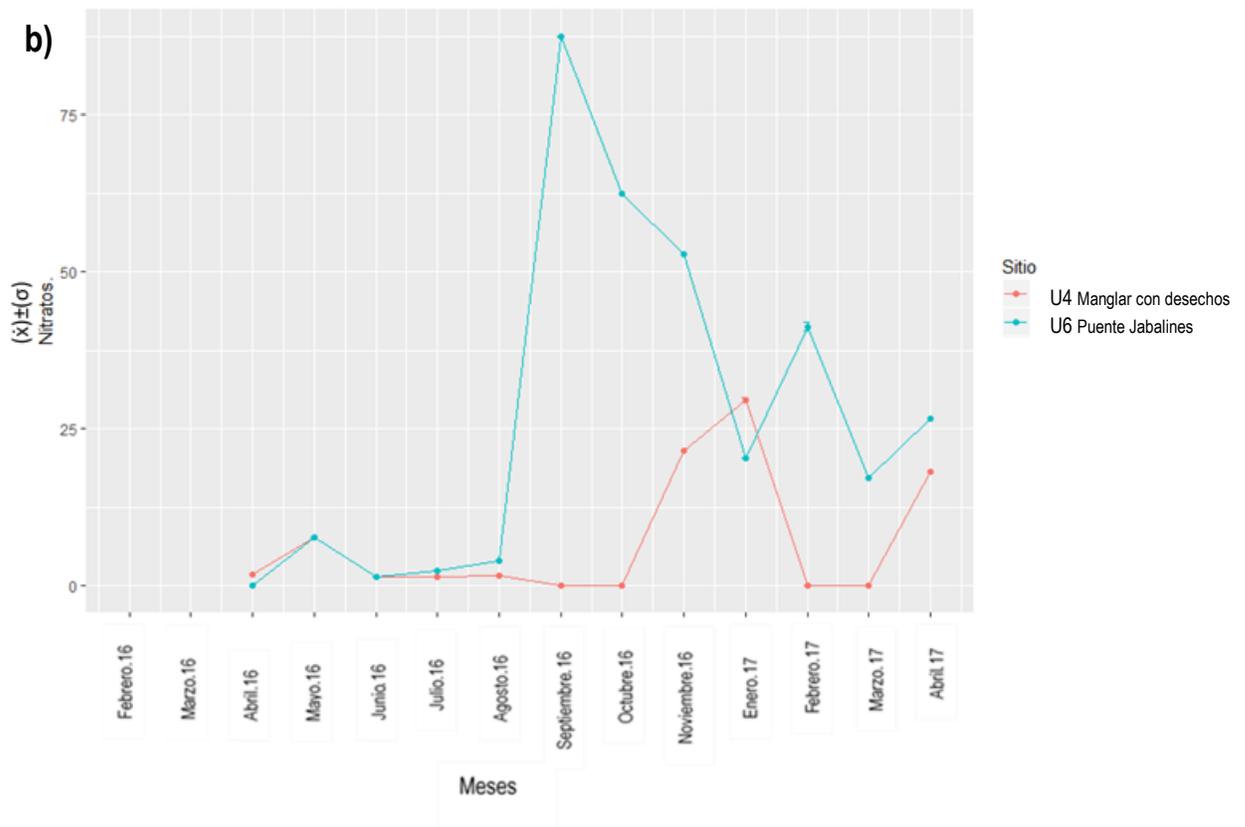


Figura 8. Concentración de nitratos $[N-NO_3; \mu M]$ en ambientes saludables y perturbados del Estero de Urías.

a) Estaciones: U1, U2, U3 Y U5. b) Estaciones: U4 y U6.

Las concentraciones de nitratos [$N-NO_3^- \mu M$] para humedales de Isla de la piedra presentaron un intervalo de valores de <L.D a $83.222 \mu M$ (Véase ANEXO II). Registrándose las concentraciones más altas y más bajas en el humedal H4 (tular) para el mes de abril (secas-frías) de 2017 y <L.D para los meses de febrero, marzo y abril (secas-frías) de 2016 respectivamente (Figura 9).

El análisis Kruskal-Wallis no muestra diferencias significativas en los nitratos entre sitios en los humedales de Isla de la Piedra durante el periodo de muestreo ($P= 0.273, gl=3$).

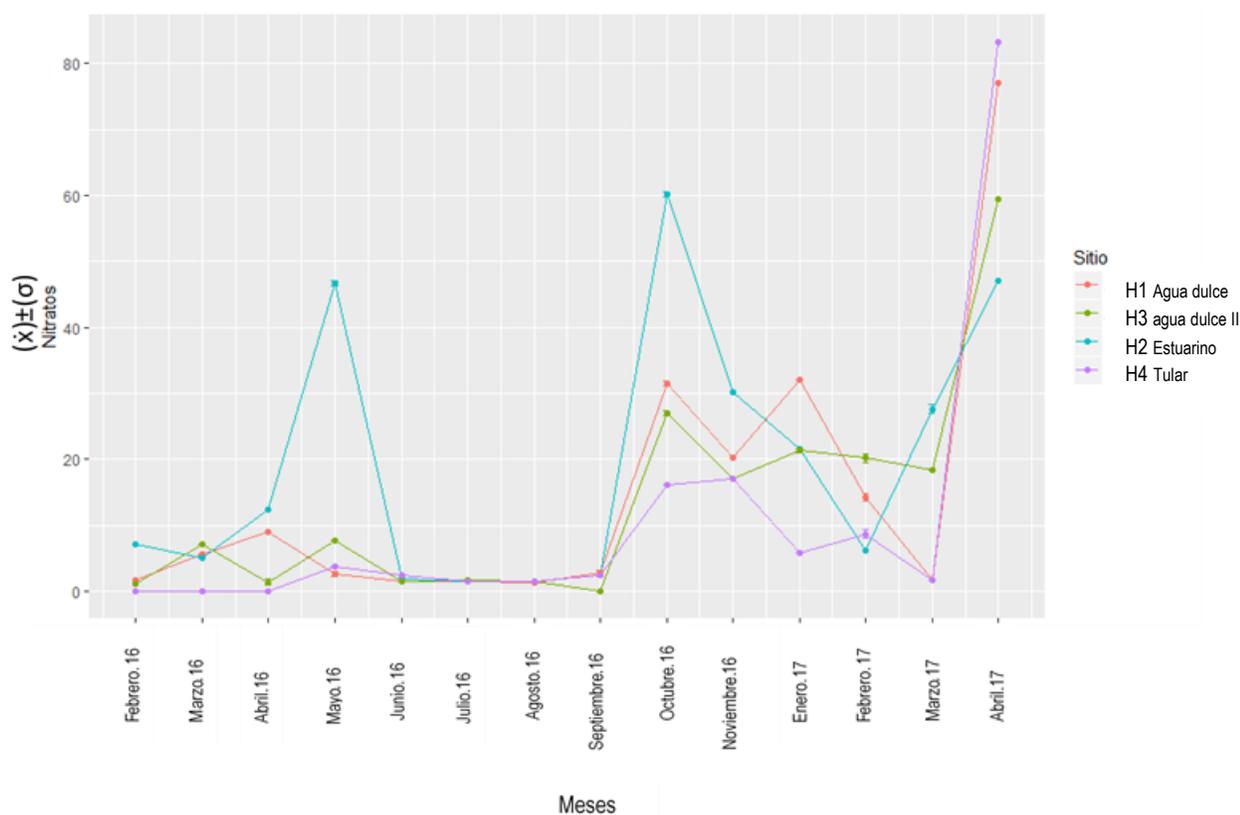
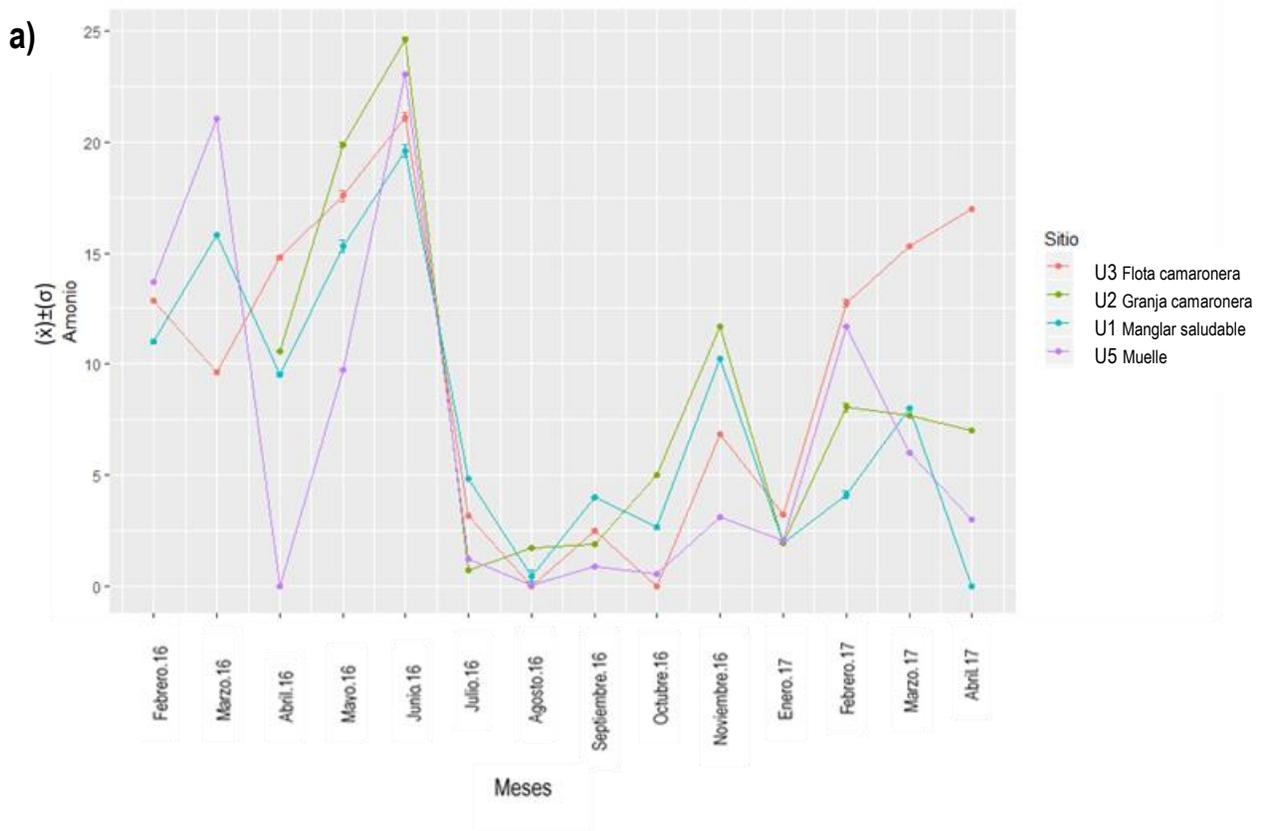


Figura 9. Concentración de nitratos [$N-NO_3^- \mu M$] en humedales en Isla de la Piedra, Mazatlán.

8.1.3 Amonio (N-NH₄⁺)

Las concentraciones de amonio [N-NH₄⁺ μM] para el Estero de Urías presentaron un intervalo de valores de <L.D a 28.060 μM (Véase ANEXO II). Obteniéndose las concentraciones más elevadas en el sitio U6 (puente Jabalines) para el mes de junio (secas-cálidas) de 2016 y las más bajas para el sitio U3 (flota camaronera) para los meses de agosto y octubre (lluvias) de 2016 (Figura 10).

El análisis Kruskal-Wallis no muestra diferencias significativas en el amonio entre sitios en el Estero de Urías durante el periodo de muestreo (P= 0.338, gl=5).



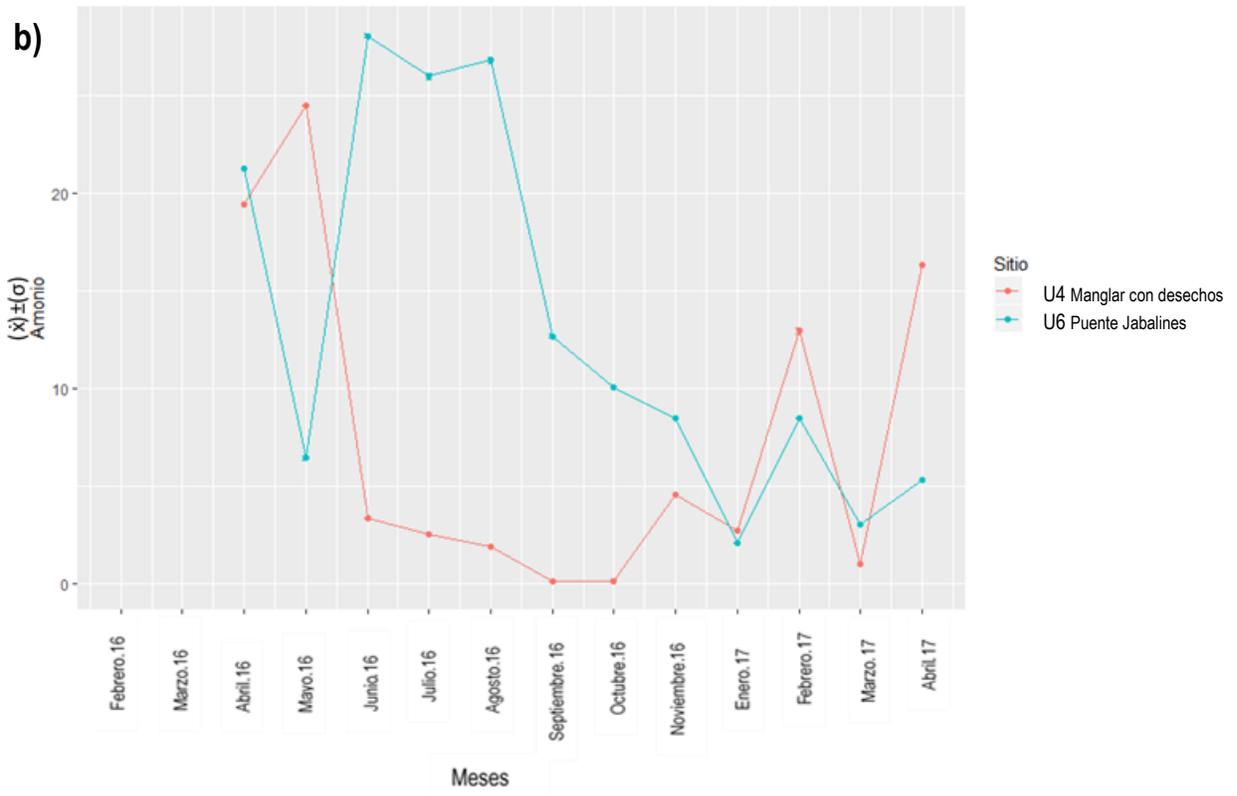


Figura 10. Concentración de amonio [$N-NH_4^+ \mu M$] en ambientes saludables y perturbados del Estero de Urias. a) Estaciones: U1, U2, U3 Y U5. b) Estaciones: U4 y U6.

Las concentraciones de amonio $[N-NH_4^+ \mu M]$ para humedales de Isla de la piedra presentaron un intervalo de valores de $<L.D$ a $27.131 \mu M$ (Véase ANEXO II). Reportándose las concentraciones más elevadas en el humedal H1 (agua dulce) con para el mes de octubre (lluvias) de 2016 y las más bajas para el humedal H4 (tular) y el humedal H3 (agua dulce II) para los meses de agosto y octubre (lluvias) de 2016 (Figura 11).

El análisis Kruskal-Wallis muestra no diferencias significativas en el amonio entre sitios en los humedales de Isla de la Piedra durante el periodo de muestreo ($P= 0.249$, $gl=3$).

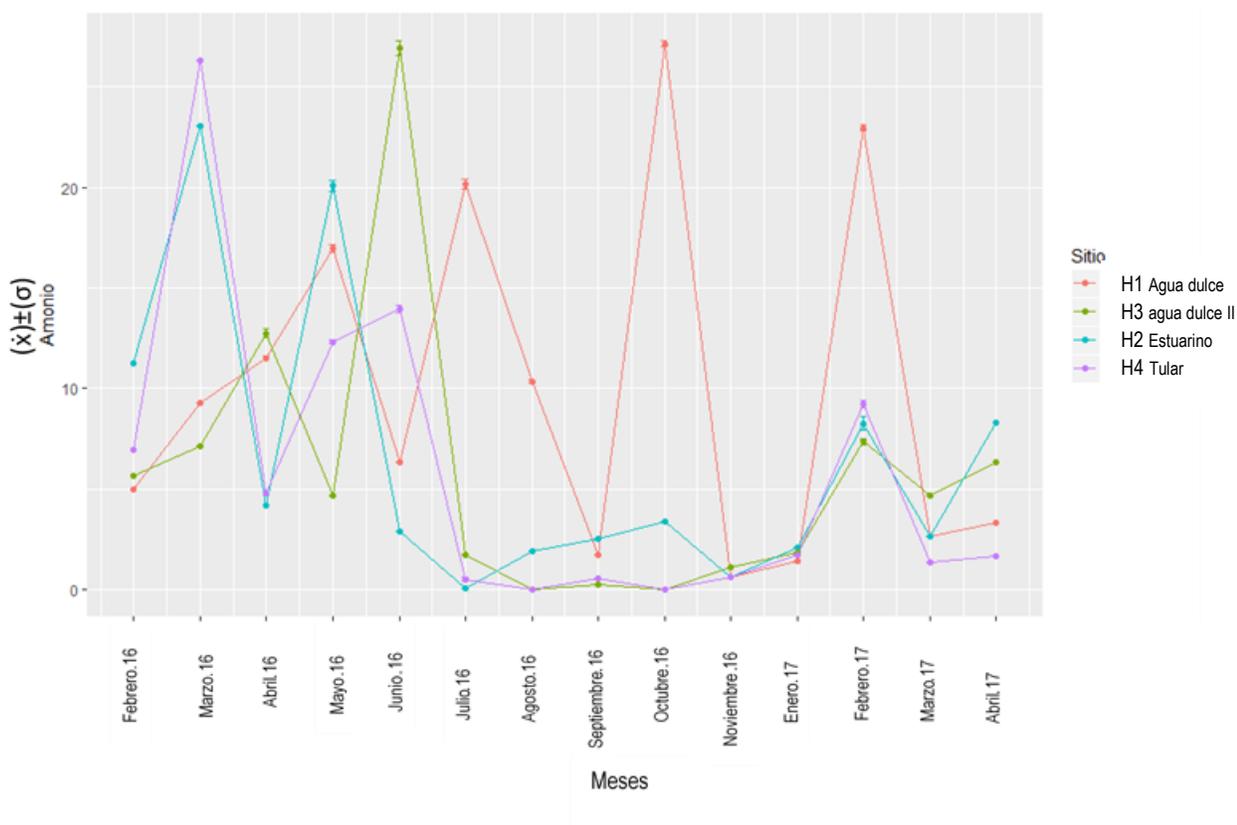
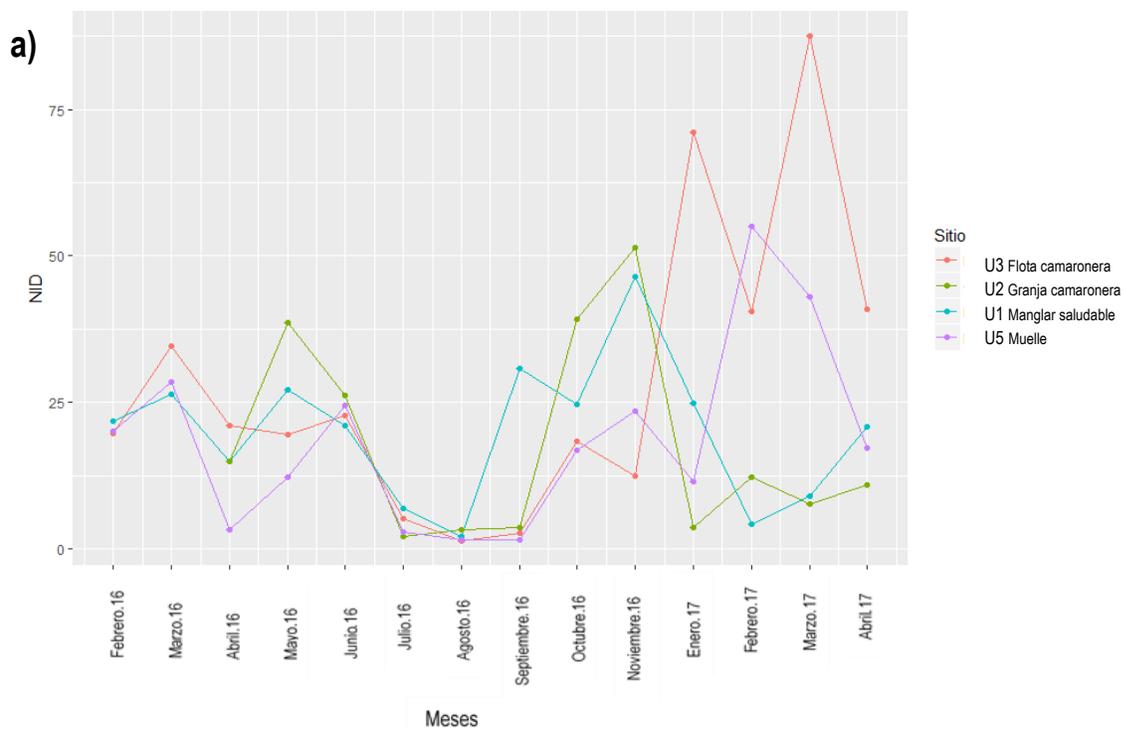


Figura 11. Concentración de amonio $[N-NH_4^+ \mu M]$ en humedales en Isla de la Piedra, Mazatlán.

8.1.4 Nitrógeno Inorgánico Disuelto (NID)

Las concentraciones más elevadas de NID correspondieron al sitio U6 (puente Jabalines) con [102.5 μM] para el mes de septiembre (lluvias) de 2016, mientras que las más bajas corresponden al sitio U4 (manglar con desechos) con [0.1 μM] para septiembre (lluvias) de 2016. (Figura 12, Véase ANEXO II).

El análisis Kruskal-Wallis no muestra diferencias significativas en el NID entre sitios en el Estero de Urías durante el periodo de muestreo ($P = >0.05$, $gl=5$).



b)

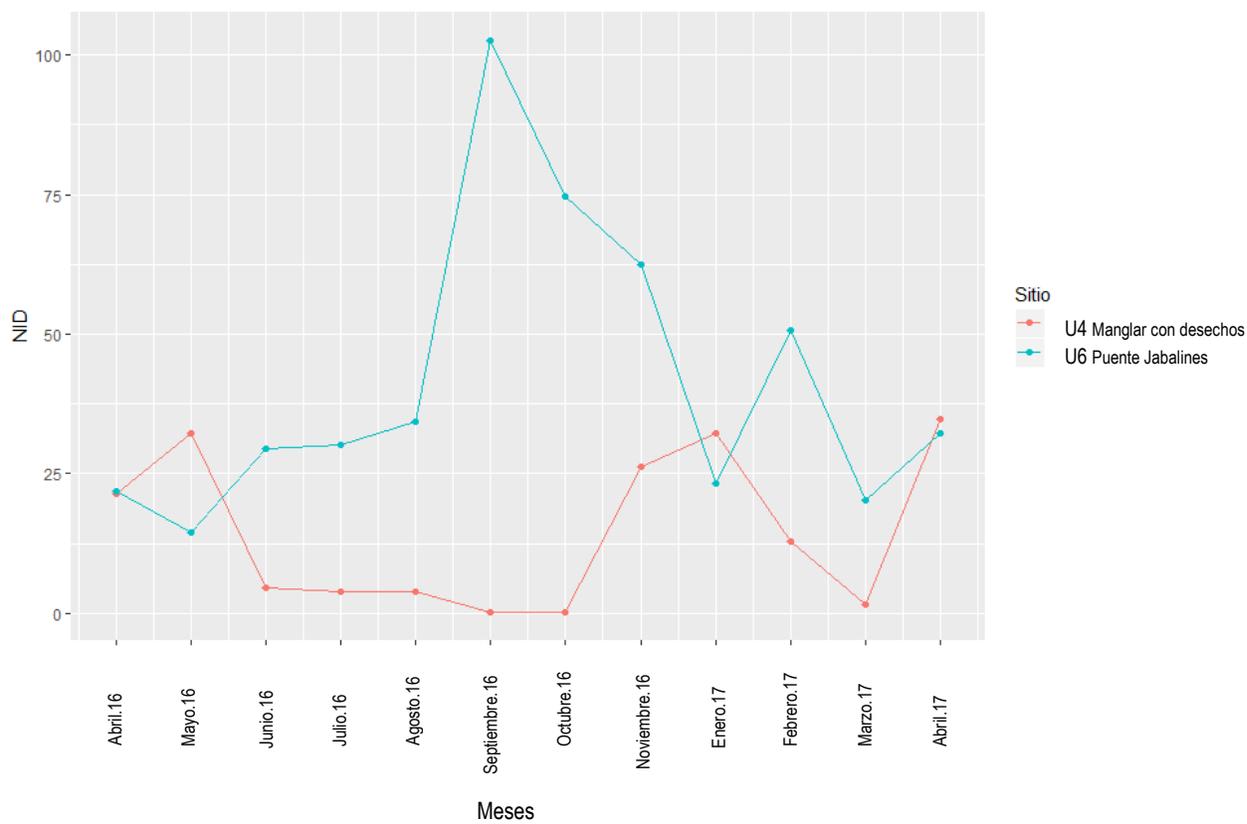


Figura 12. Concentraciones de NID para el Estero de Urias. a) Estaciones: U1, U2, U3 Y U5. b) Estaciones: U4 y U6.

Las concentraciones más elevadas de NID correspondieron al humedal H4 (tular) con $[85.3 \mu M]$ para el mes de abril (secas-frías) de 2017, mientras que el más bajo se registró en el humedal H3 (agua dulce II) con $[0.6 \mu M]$ para el mes de septiembre (lluvias) de 2016. (Figura 13, Véase ANEXO II).

El análisis Kruskal-Wallis muestra no diferencias significativas en el NID entre sitios en los humedales de Isla de la Piedra durante el periodo de muestreo ($P = >0.05$, $gl=3$).

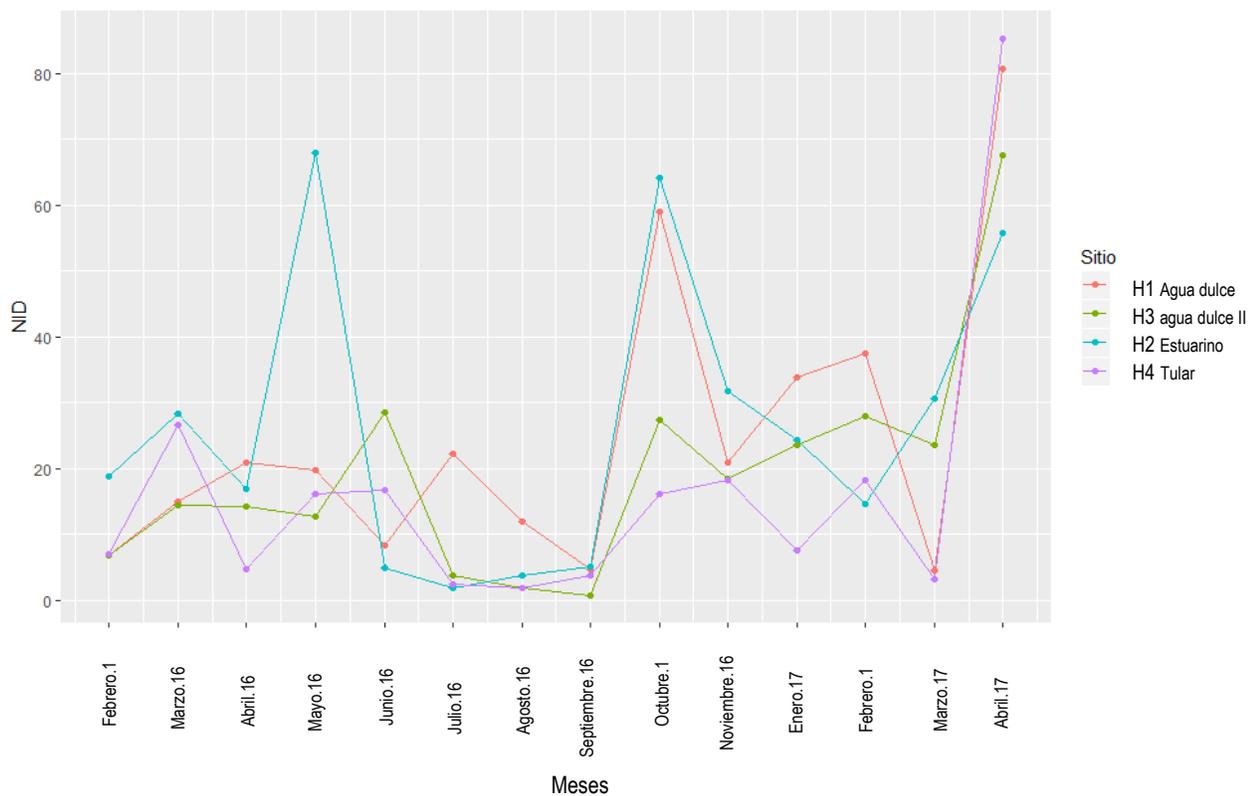
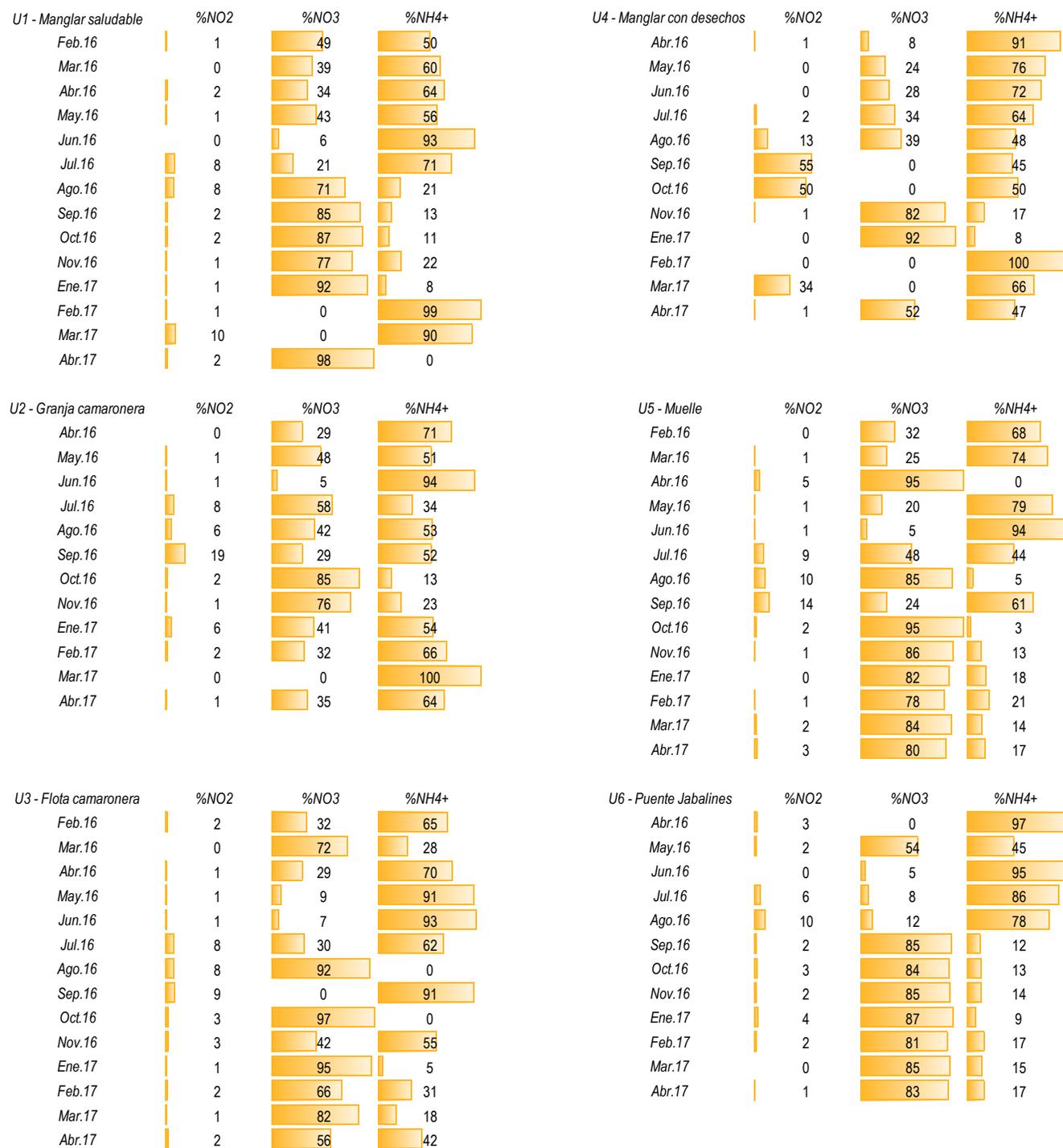


Figura 13. Concentraciones de NID para humedales de Isla de la piedra.

8.1.5 % Nutrientes

Se obtuvieron datos porcentuales de las especies de nitrógeno reconocidas en el Estero de Urías teniendo a los NO_3^- (60%) como especie más abundante, seguida por el NH_4^+ (38%) y finalmente los NO_2^- (2%) (tabla 4).

Tabla 4. Valores porcentuales de nutrientes para el Estero de Urías.



Se obtuvieron datos porcentuales de las especies de nitrógeno reconocidas en los humedales de Isla de la Piedra teniendo a los NO_3^- (66%) como especie más abundante, seguida por el NH_4^+ (32%) y finalmente los NO_2^- (2%) (tabla 5).

Tabla 5. Valores porcentuales de nutrientes para humedales de Isla de la Piedra.

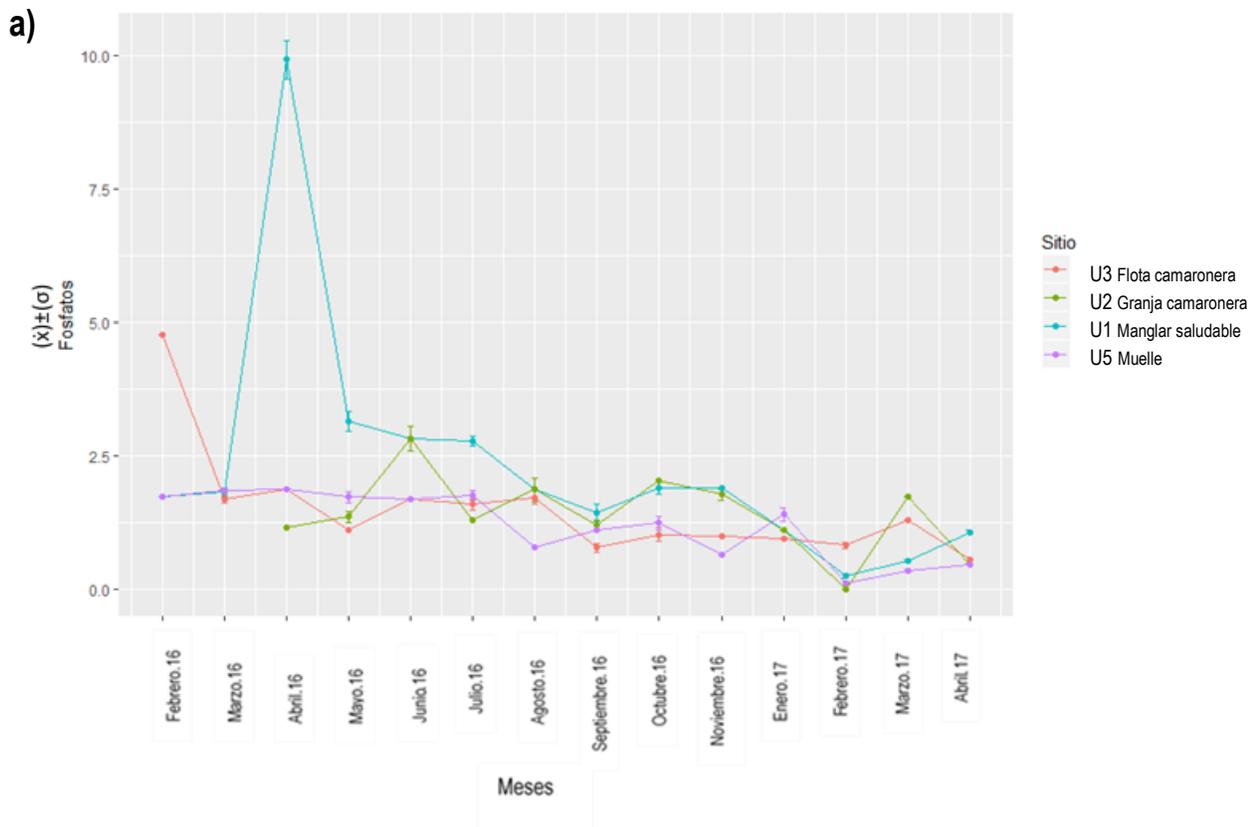
H1- Humedal agua dulce	%NO2	%NO3	%NH4+	H3 - Humedal agua dulce II	%NO2	%NO3	%NH4+
Feb.16	2	25	73	Feb.16	1	16	83
Mar.16	0	38	62	Mar.16	1	49	50
Abr.16	1	44	55	Abr.16	1	10	90
May.16	1	13	86	May.16	2	61	37
Jun.16	6	18	76	Jun.16	0	5	94
Jul.16	2	7	91	Jul.16	10	44	46
Ago.16	2	11	87	Ago.16	23	77	0
Sep.16	6	57	36	Sep.16	64	0	36
Oct.16	0	54	46	Oct.16	1	99	0
Nov.16	0	97	3	Nov.16	1	93	6
Ene.17	1	95	4	Ene.17	2	90	8
Feb.17	1	38	61	Feb.17	1	72	26
Mar.17	3	37	60	Mar.17	2	78	20
Abr.17	0	96	4	Abr.17	3	88	9

H2 - Humedal estuarino	%NO2	%NO3	%NH4+	H4 - Humedal tular	%NO2	%NO3	%NH4+
Feb.16	3	37	60	Feb.16	1	0	99
Mar.16	1	18	82	Mar.16	1	0	99
Abr.16	2	73	25	Abr.16	0	0	100
May.16	2	69	30	May.16	1	23	76
Jun.16	2	38	59	Jun.16	1	15	84
Jul.16	16	79	4	Jul.16	17	61	22
Ago.16	9	39	51	Ago.16	14	86	0
Sep.16	3	48	49	Sep.16	19	66	15
Oct.16	1	94	5	Oct.16	1	99	0
Nov.16	3	95	2	Nov.16	2	94	3
Ene.17	3	89	9	Ene.17	0	77	22
Feb.17	2	42	56	Feb.17	2	48	51
Mar.17	1	90	9	Mar.17	7	52	41
Abr.17	1	84	15	Abr.17	0	98	2

8.1.6 Fosfatos ($P-PO_4^{3-}$)

Las concentraciones de fosfatos [$P-PO_4^{3-}$ μM] para el Estero de Urías presentaron un intervalo de valores de <L.D a 9.911 (Véase ANEXO II). Obteniéndose las concentraciones más elevadas en el sitio U1 (manglar saludable) para el mes de abril (secas-frías) de 2016 y las más bajas en el sitio U2 (granja camaronera) en febrero (secas-frías) de 2017 (Figura 14).

El análisis Kruskal-Wallis no muestra diferencias significativas en los fosfatos entre sitios en el Estero de Urías durante el periodo de muestreo ($P= 0.125$, $gl=5$).



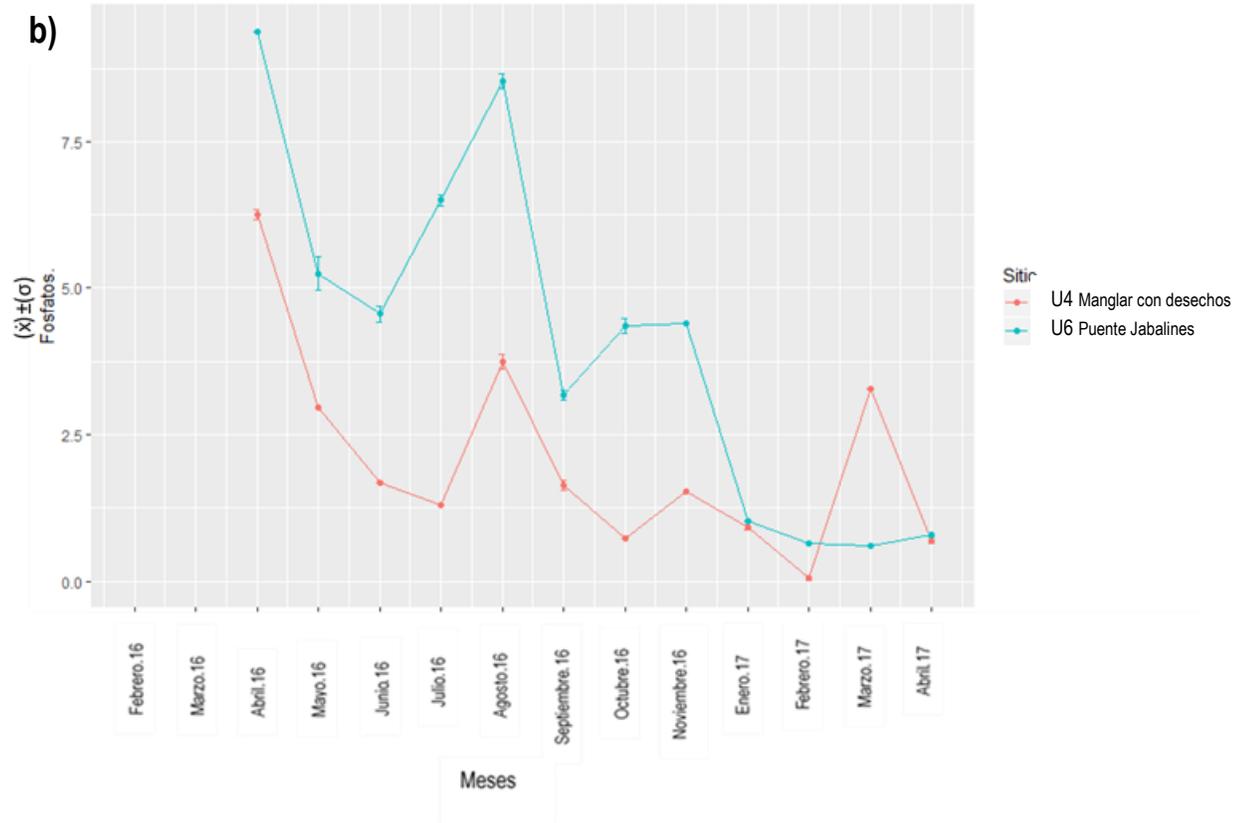


Figura 14. Concentración de fosfatos $[PO_4^{3-} \mu M]$ en ambientes saludables y perturbados del Estero de Urías. b) Estaciones: U1, U2, U3 Y U5. b) Estaciones: U4 y U6.

Las concentraciones de fosfatos [$PO_4^{3-} \mu M$] para humedales de Isla de la piedra presentaron un intervalo de valores de <L.D a 16.296 (Véase ANEXO II). Registrándose los niveles más altos en el humedal H2 (estuarino) para el mes de mayo (secas-cálidas) de 2016 y los más bajos en el humedal H3 (agua dulce II) para el mes de marzo (secas-frías) de 2016 (figura 15).

El análisis Kruskal-Wallis muestra no diferencias significativas en los fosfatos entre sitios en los humedales de Isla de la Piedra durante el periodo de muestreo ($P= 0.630$, $gl=3$).

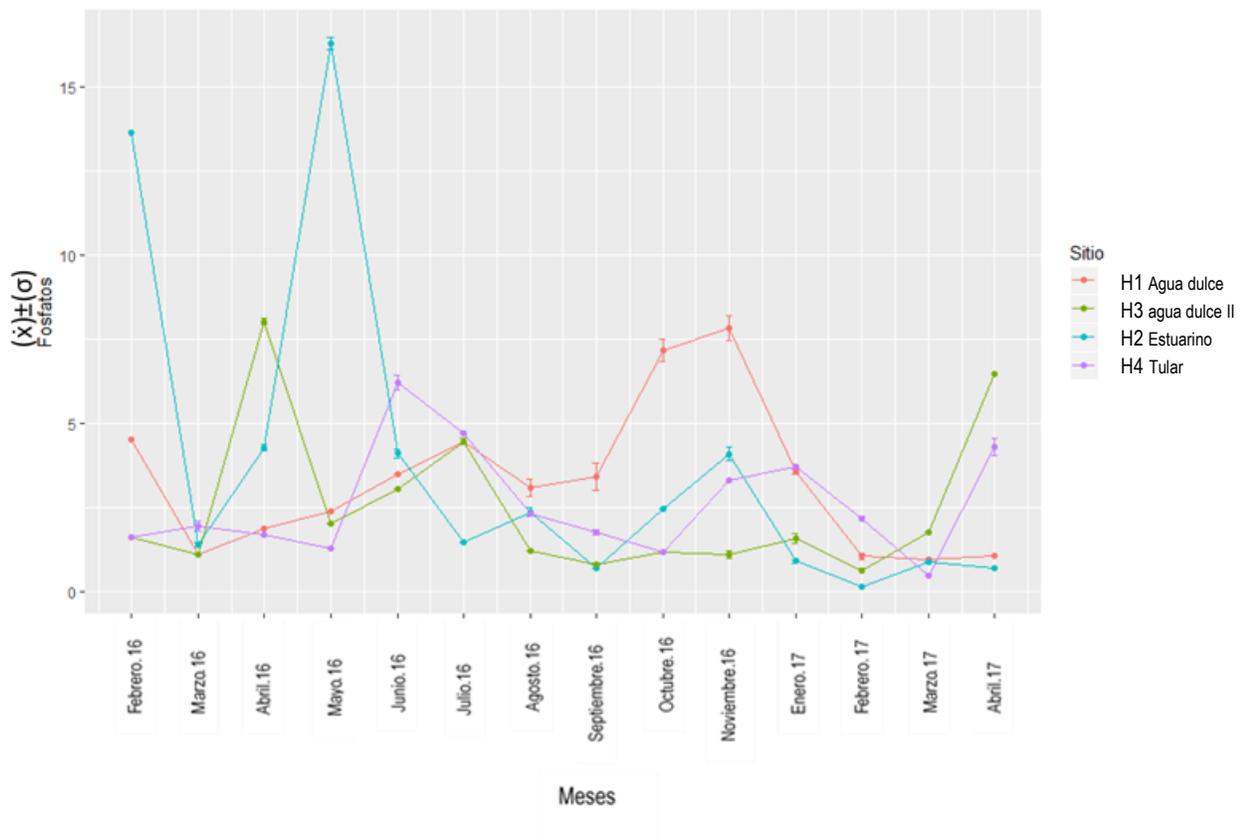


Figura 15. Concentración de fosfatos [$PO_4^{3-} \mu M$] en humedales en Isla de la Piedra,

8.1.7 Relación N:P

Para obtener la relación entre el nitrógeno y el fósforo se utilizó como referencia la Relación de Redfield (1958) que es la proporción molecular del carbono, el nitrógeno y el fósforo disponible en el mar. Esta relación estequiométrica corresponde a: C:N:P =1000:15:1 (Redfield, 1958). En este apartado solo se consideró N:P= 15:1 teniendo en **azul** los meses donde el nitrógeno es mayor a la relación de Redfield y en **rojo** donde es menor a esta (tabla 6).

El Estero de Urías tiende a la desnitrificación. Los meses de julio y agosto tienden a la fijación de nitrógeno para todo el sistema lagunar.

Tabla 6. Valores de la relación N:P en Estero de Urías.

<i>N:P</i> <i>Estero</i>	<i>U1</i> <i>Manglar</i> <i>saludable</i>	<i>U2</i> <i>Granja</i> <i>camaronera</i>	<i>U3</i> <i>Flota</i> <i>camaronera</i>	<i>U4</i> <i>Manglar con</i> <i>desechos</i>	<i>U5</i> <i>Muelle</i>	<i>U6</i> <i>Puente</i> <i>Jabalines</i>
<i>feb-16</i>	27.9	s/d	9.1	s/d	25.7	s/d
<i>mar-16</i>	32.1	s/d	45.2	s/d	33.8	s/d
<i>abr-16</i>	3.3	28.6	24.9	7.6	3.8	5
<i>may-16</i>	19.1	63	38.7	24.2	15.7	6.1
<i>jun-16</i>	16.5	20.6	30	6.2	32.2	14.3
<i>jul-16</i>	5.5	3.7	7.2	6.7	3.5	10.2
<i>ago-16</i>	2.6	3.9	1.8	2.3	4.3	8.9
<i>sep-16</i>	47.2	6.7	7.7	0.3	2.9	71.4
<i>oct-16</i>	28.8	42.4	39.7	0.8	30.1	37.9
<i>nov-16</i>	54.4	64.2	27.6	37.9	81.2	31.4
<i>ene-17</i>	49.7	7.4	167.2	78.2	18.2	50.1
<i>feb-17</i>	36.8	12	108.4	633.5	1141	175
<i>mar-17</i>	37.2	9.9	150	1	270.4	73.4
<i>abr-17</i>	43.1	51	165.4	113.5	81.2	90.1

Durante el periodo de muestreo, todos los sitio presentaron fluctuaciones en la relación N:P, sin embargo los humedales dulceacuícolas tienden a la desnitrificación. Los meses de julio y agosto de tienden a fijar nitrógeno en todas las estaciones (tabla 7).

Tabla 7. Valores de la relación N:P para Isla de la Piedra.

N:P	H1	H2	H3	H4
Humedales	Agua Dulce	Estuarino	Agua Dulce II	Tular
feb-16	3.38	3.06	9.38	9.7
mar-16	30.29	44.78	315.05	30.28
abr-16	24.58	8.73	3.92	6.24
may-16	18.12	9.24	13.75	27.69
jun-16	5.26	2.62	20.79	5.92
jul-16	10.99	2.81	1.85	1.12
ago-16	8.51	3.42	3.5	1.73
sep-16	3.09	16.62	1.82	4.73
oct-16	18.17	57.25	51.68	30.61
nov-16	5.9	17.21	36.42	12.11
ene-17	21.04	58.74	32.75	4.52
feb-17	78.77	218.43	96.27	18.51
mar-17	10.4	75.21	29.34	15.34
abr-17	163.89	177.46	23.16	43.81

8.1.8. Análisis de similitud

NID. En el estero de Urías el agrupamiento con mayor similitud (G1) lo forman las estaciones U5 y U1 correspondientes los sitios de Muelle y Manglar Saludable, los cuales se caracterizan por tener los niveles más bajos de NID. El segundo grupo (G2) está formado por las estaciones U4 y U2 correspondientes a los sitios de Manglar con desechos y Granja camaronera respectivamente. El sitio U6 que corresponde al puente Jabalines, se caracteriza por tener las concentraciones más altas de NID (Figura 16).

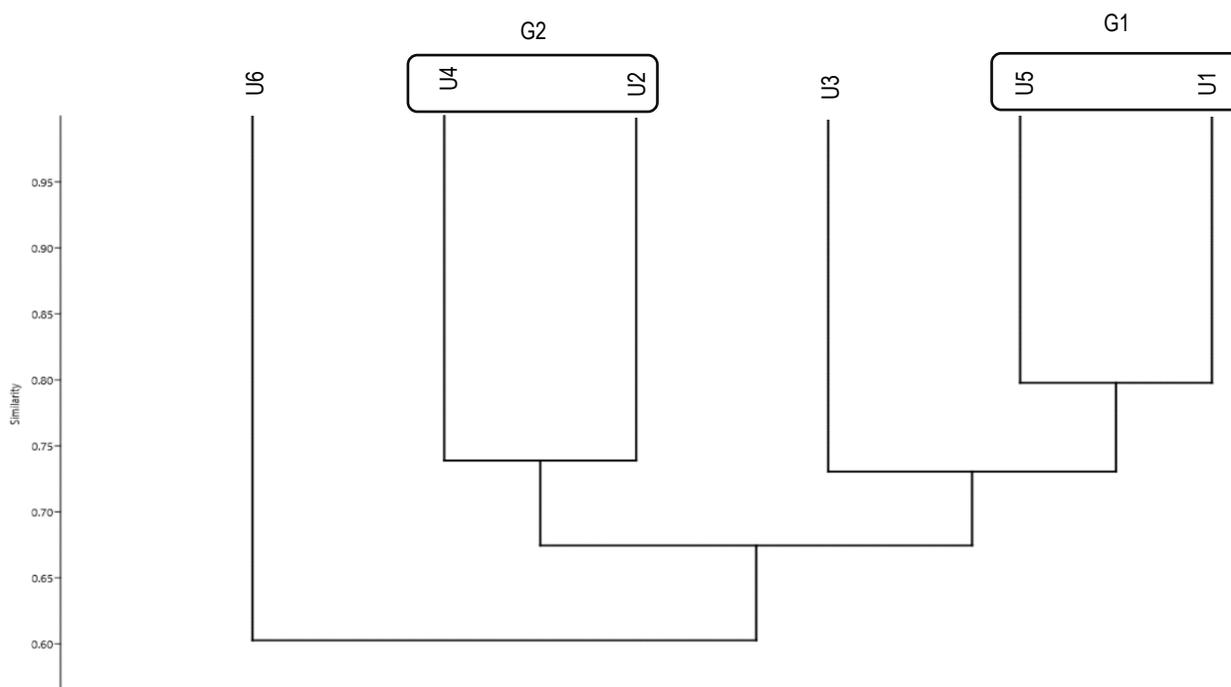


Figura 16. Análisis de similitud Bray-Curtis para NID en el Estero de Urías.

NID. Para los humedales de Isla de la Piedra se formó un grupo (G1) con los sitios H3 y H4 correspondientes las estaciones de Humedal con tular y Humedal de agua dulce II, los que presentan las concentraciones de NID más bajas. El humedal estuarino (H2) se caracteriza por presentar las concentraciones de NID más elevadas para este complejo de humedales (Figura 17).

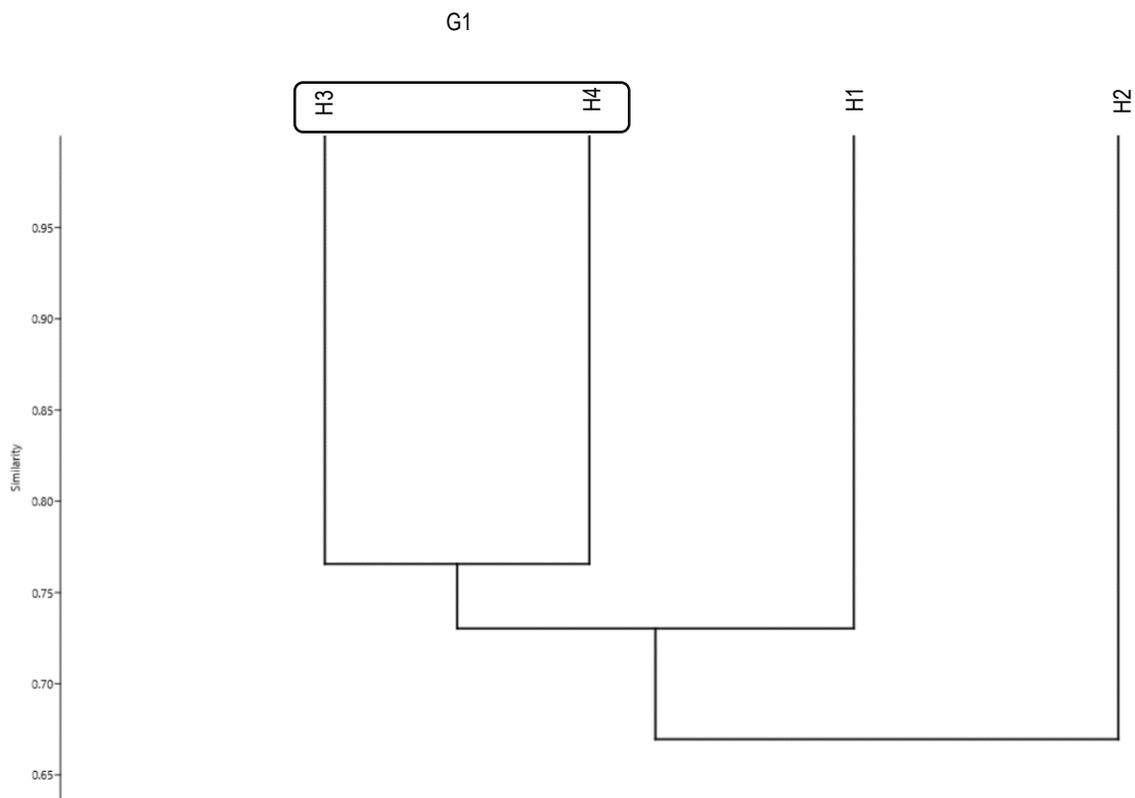


Figura 17. Análisis de similitud Bray-Curtis para NID en los humedales de Isla de la Piedra.

PO_4^{3-} . Para el estero de Urías el agrupamiento con mayor similitud (G1) lo forman las estaciones U2 y U5, correspondientes a la Granja camaronera y al Muelle sitios que se caracterizan por presentar las concentraciones más bajas de fosfatos.

El sitio U6, que corresponde al puente Jabalines, que se caracteriza por presentar los niveles más altos de fosfatos (Figura 18).

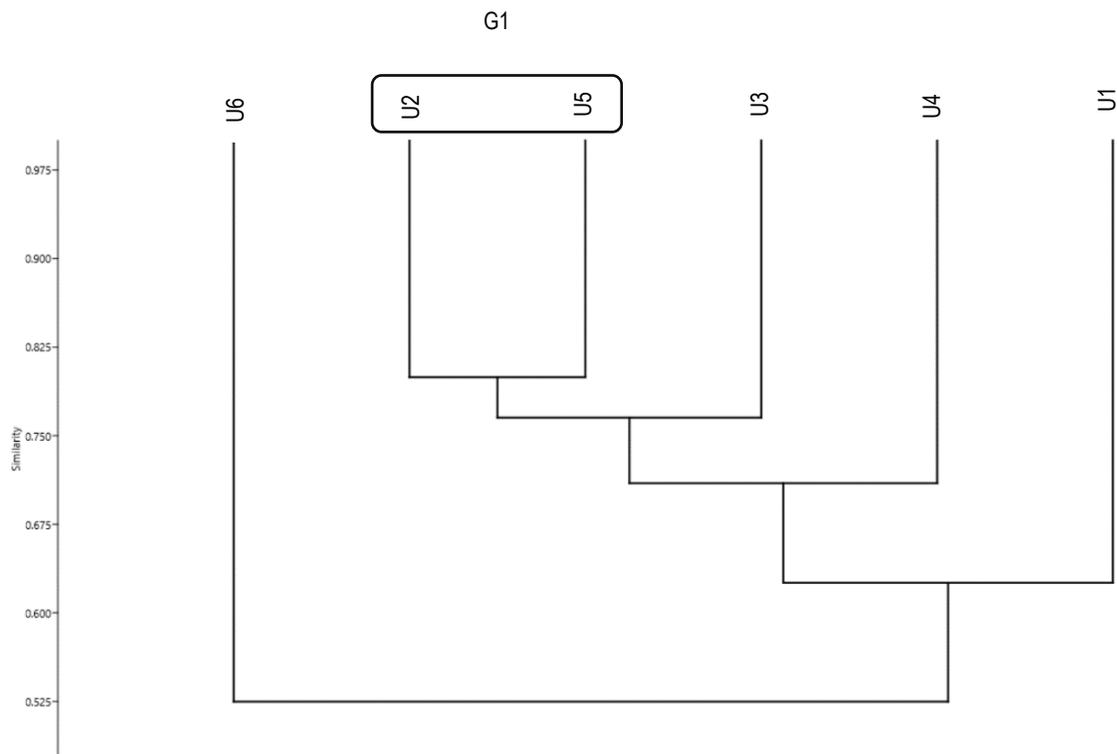


Figura 18. Análisis de similitud Bray-Curtis para PO_4^{3-} en el Estero de Urías.

PO_4^{3-} . En el análisis de similitud para los humedales de Isla de la Piedra el agrupamiento con mayor similitud (G1) está formado por las estaciones H4 y H1 correspondientes a los humedales de Tular y Agua dulce. El humedal Estuarino (H2) se caracteriza por los niveles más altos de fosfatos (Figura 19).

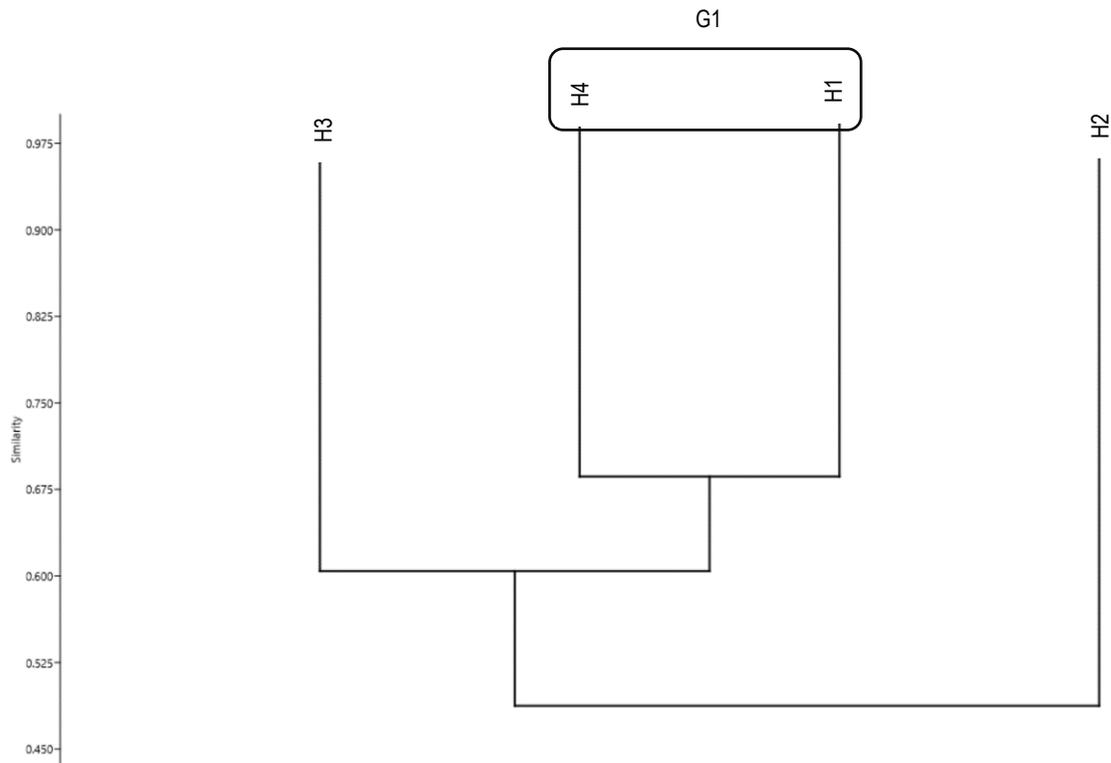


Figura 19. Análisis de similitud Bray-Curtis para PO_4^{3-} en humedales de Isla de la Piedra.

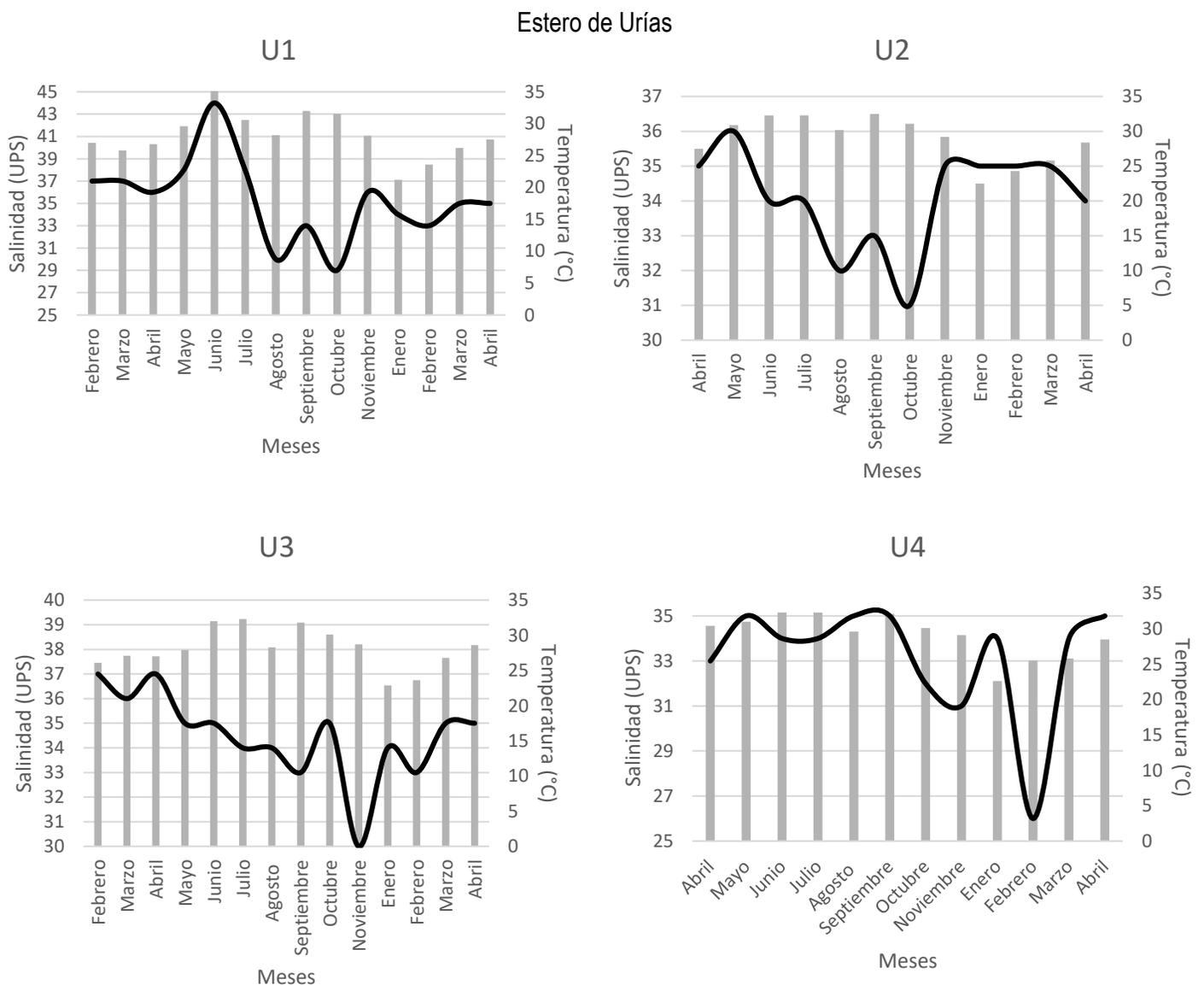
8.2 Parámetros Físicoquímicos

El Estero de Urías presenta una temperatura promedio de 28.44 ± 3.06 °C obteniéndose la temperatura más elevada en la estación U1 (36 °C) correspondiente al Manglar Saludable para el mes de junio de 2016 y la más baja en el mismo sitio (U1) para el mes de enero de 2017 (21.2 °C) (Figura 20).

El análisis Kruskal-Wallis muestra no diferencias significativas en la temperatura entre estaciones en el Estero de Urías durante el periodo de muestreo ($P= 0.821$, $gl=5$).

La salinidad promedio es de 33.73 ± 3.33 UPS obteniéndose la salinidad más elevada en la estación U1 (44 UPS) correspondiente al Manglar Saludable para el mes de junio 2016 y la más baja para el puente Jabalines (U6) para el mes de agosto de 2016 (21 UPS) (Figura 20).

El análisis Kruskal-Wallis muestra diferencias significativas en la salinidad entre estaciones en el Estero de Urías durante el periodo de muestreo ($P= 0.01$, $gl=5$).



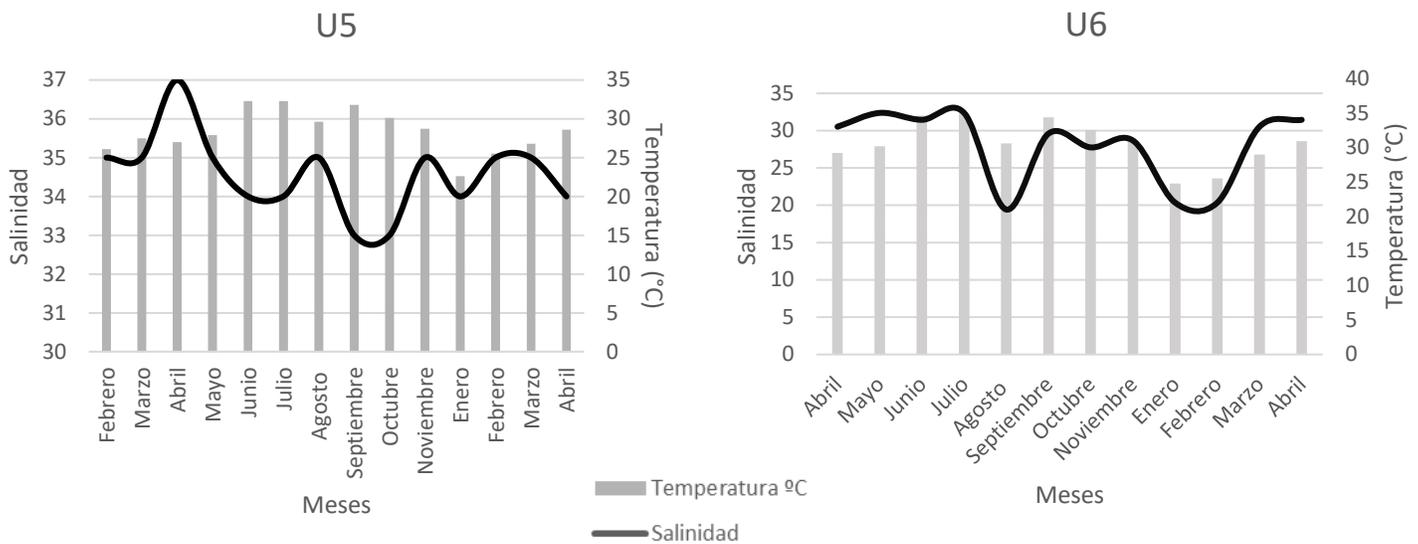


Figura 20. Salinidad y temperatura del Estero de Urías.

Los humedales de Isla de la Piedra presentan una temperatura promedio de $27.43 \pm 3.02^{\circ}\text{C}$ obteniéndose la temperatura más elevada en la estación H3 (33.4°C) correspondiente al humedal de Agua dulce II para el mes de junio 2016 y la más baja en la estación H2 (20.7°C) correspondiente al humedal estuarino para enero 2017 (Figura 21).

El análisis Kruskal-Wallis muestra no diferencias significativas en la temperatura entre estaciones en los humedales de Isla de la Piedra durante el periodo de muestreo ($P= 0.983$, $gl=3$).

La salinidad promedio fue de 2.08 ± 2.25 UPS obteniéndose la más elevada en el sitio H3 (8 UPS) correspondiente al humedal de Agua dulce II para los meses de abril y mayo 2016 y la salinidad más baja se obtuvo en todos los humedales para los meses de octubre y noviembre, 2016 (Figura 21).

El análisis Kruskal-Wallis muestra diferencias significativas en la salinidad entre estaciones en los humedales de Isla de la Piedra durante el periodo de muestreo ($P=<0.05$, $gl=3$).

Humedales de Isla de la piedra

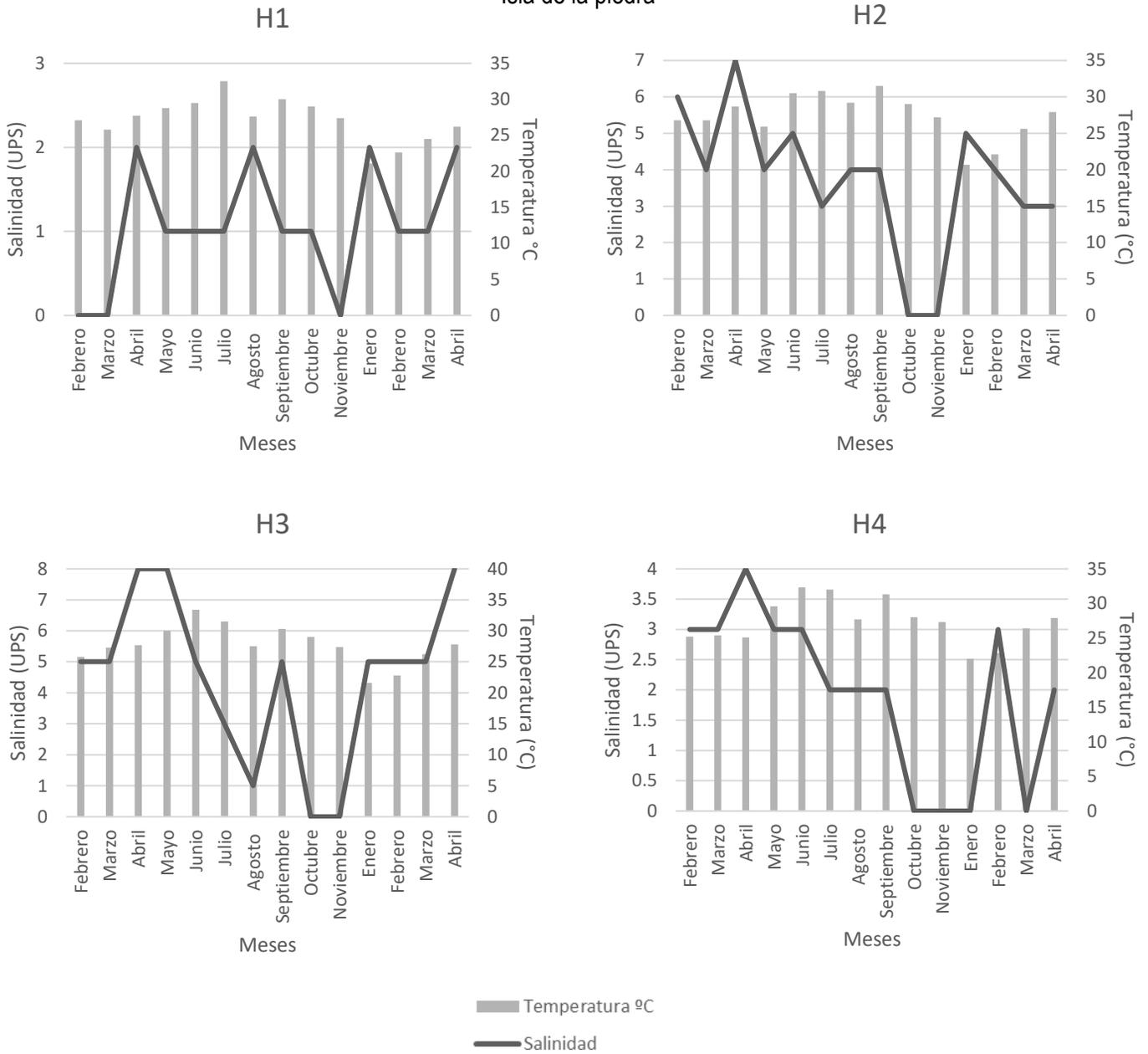


Figura 21. Salinidad y temperatura de humedales de Isla de la Piedra.

8.3 Microtopografía

Caracterizar la microtopografía para determinar la distribución espacial de diferentes tipos fisionómicos y especies de manglar.

***Simbología**

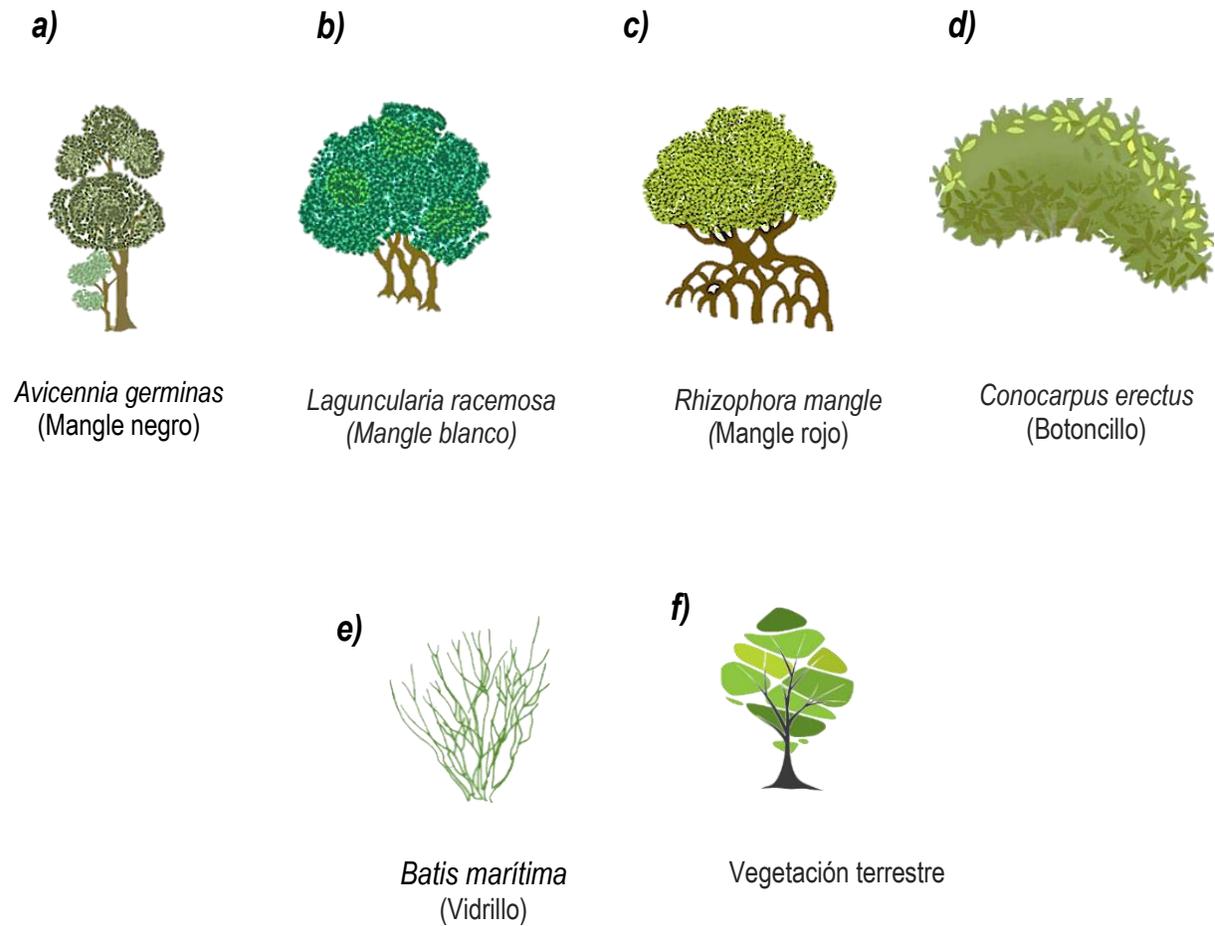


Figura 22. Simbología de las especies reportadas en la microtopografía.

a) *Avicennia germinas*, b) *Laguncularia racemosa*, c) *Rhizophora mangle*, d) *Conocarpus erectus*
e) *Batis maritima* y f) Vegetación terrestre.

En microtopografía para el sitio U7 (manglar saludable) se obtuvo una zonación clásica del noroeste de México teniendo a *Rhizophora mangle* entre el canal de navegación y el borde, seguido por un bosque denso dominado por *Avicennia germinans* de más de 3 metros de altura, sin embargo, se podía encontrar algunos individuos de *Laguncularia racemosa* (la línea de este transecto no registró ninguno), y nuevamente se observa un individuo de *Rhizophora mangle* tipo matorral al final del transecto, donde inicia la marisma (Figura 23). El transecto tuvo una longitud de 97.05 m. El relieve máximo del suelo fue de 68 cm con respecto al nivel del mar.

Tubo HOB0 (Figura 25) se encuentra localizado a una profundidad de -23.5 cm del suelo (Figura 23 y 24).

**U1
(manglar saludable)**

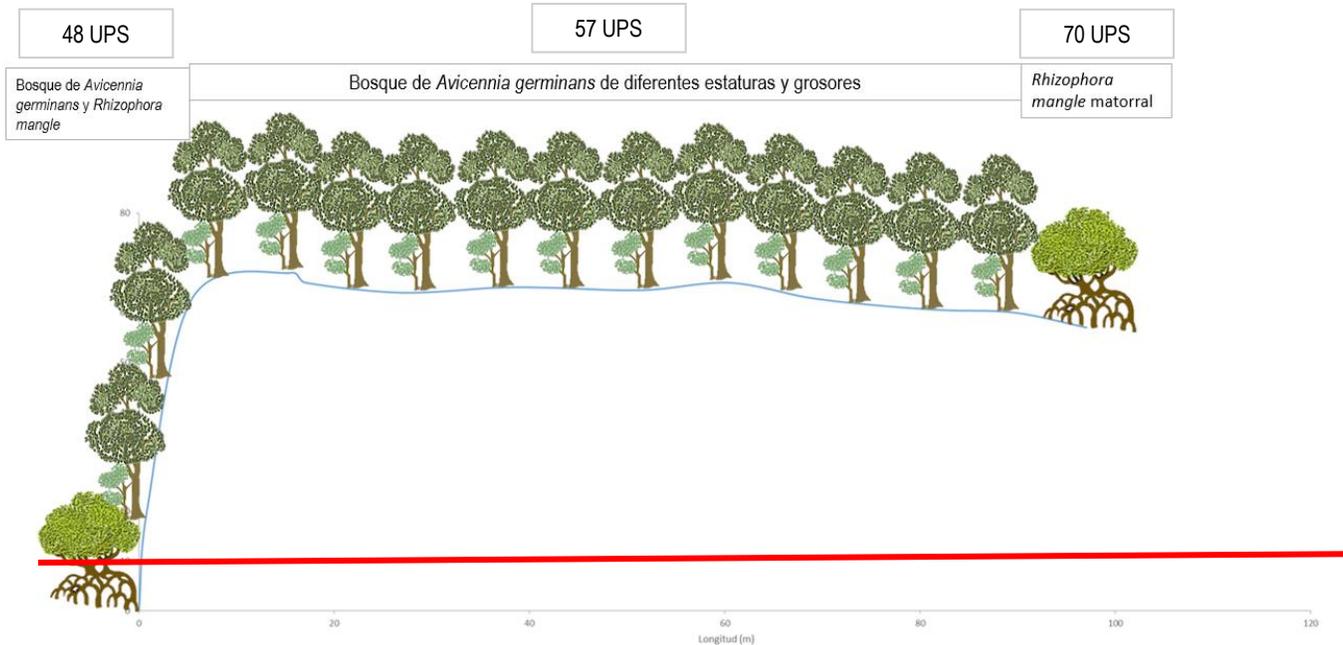


Figura 23. Microtopografía perfil horizontal para el sitio U1 (manglar saludable).

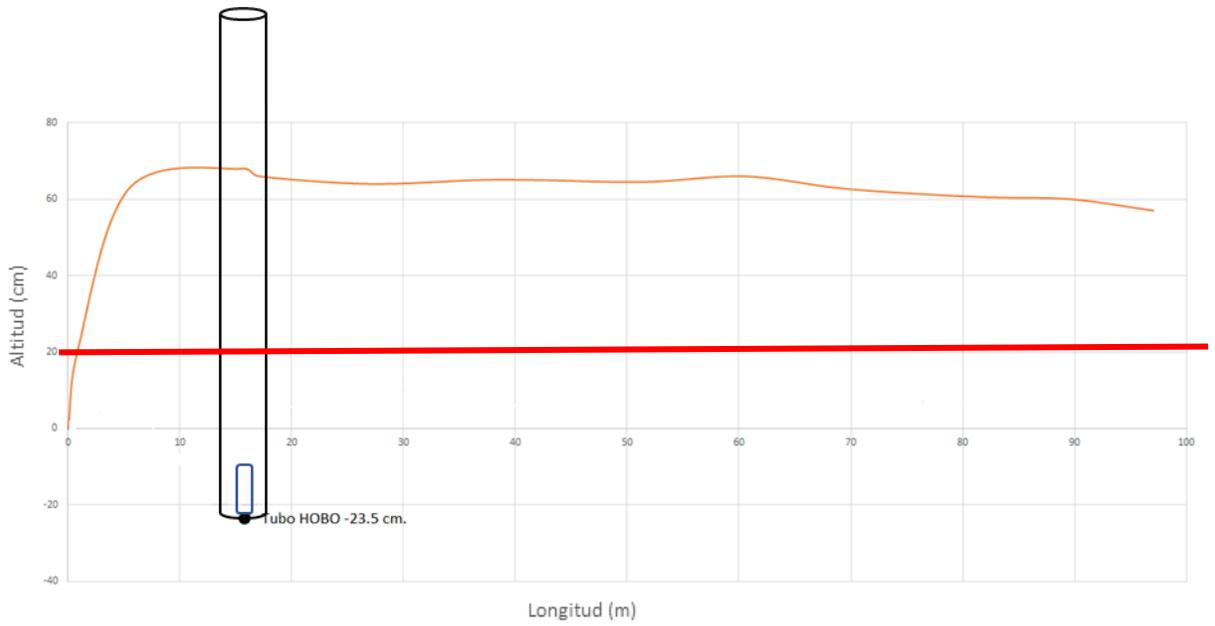


Figura 24. Grafica microtopografía con perfil horizontal para el sitio U1 (manglar saludable) con tubo HOBO.

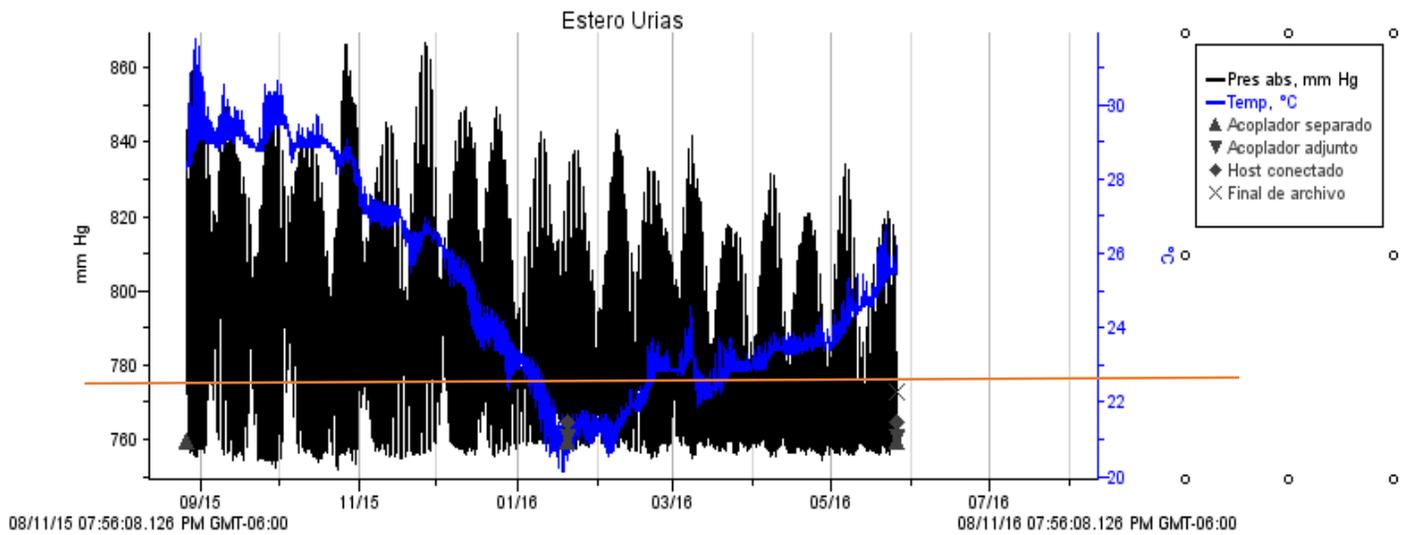


Figura 25. Grafica obtenida del HOBO. Representa la presión atmosférica en milímetros de Hg y la temperatura en °C, así como la inundación del bosque de *A. germinans*, sitio U1 (manglar saludable).

Para el manglar saludable con marisma se tiene nuevamente una zonación clásica para el noroeste de México teniendo un bosque denso de *Rhizophora mangle* entre el canal de navegación y el bordo natural, seguido por un bosque denso de *Avicennia germinans* que empieza con una altura mayor a los 3 m y continua hacia la marisma con un bosque de tipo matorral, al final de transecto se tiene vegetación terrestre (figura 26). Este transecto tuvo una longitud de 191.1 m. El relieve máximo del suelo fue de 61 cm con respecto al nivel del mar (Figura 26 y 27).

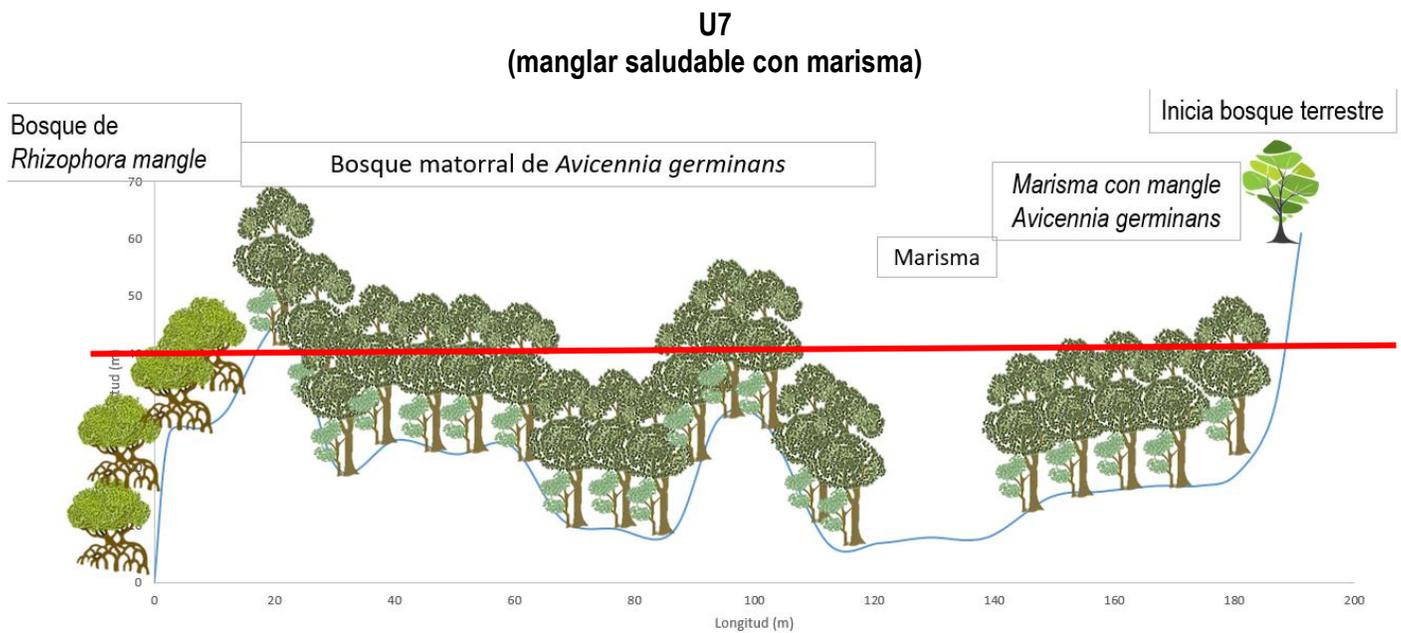


Figura 26. Microtopografía perfil horizontal para el sitio U7 (manglar saludable con marisma).

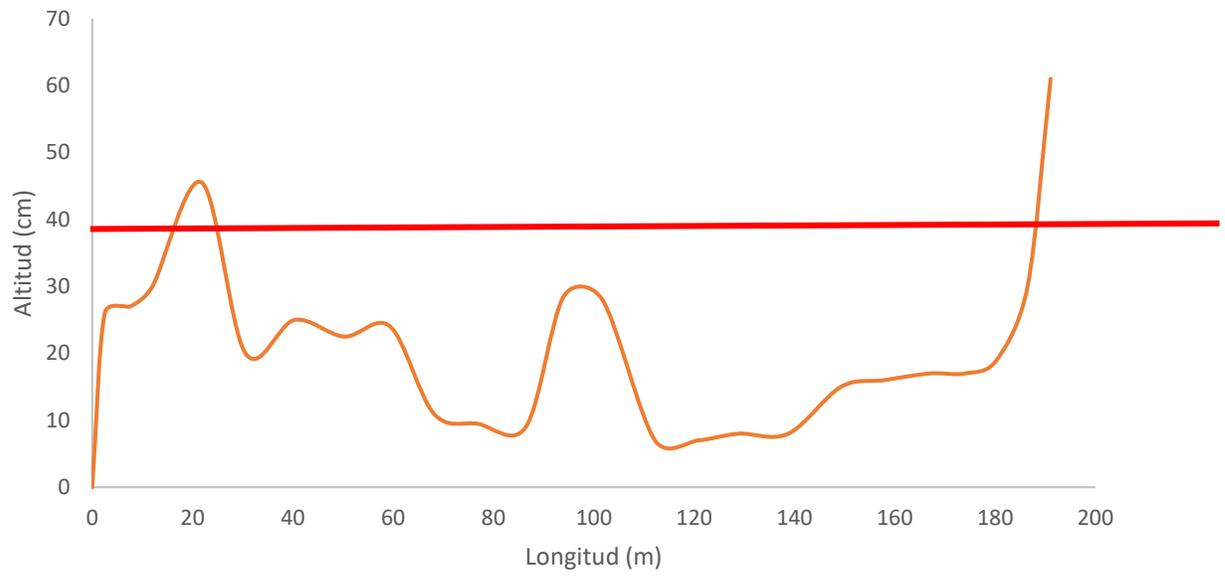


Figura 27. Grafica microtopografía perfil horizontal para el sitio U7 (manglar saludable con marisma).

En el sitio U8 se colocaron, como proyecto antecedente a este, tubos de PVC para desalinizar la marisma y que se reestablecieran manglares en esta zona hipersalina (Ramírez-Barrón, 2014), de ahí el nombre asignado “Manglar saludable con canales”. Este bosque a la altura del bordo natural y el canal de navegación esta dominando por *Rhizophora mangle* con manchones de *Laguncularia racemosa*, del otro lado de la berma se encuentra un bosque de mangle negro donde predomina el tipo matorral, sin embargo, se pueden encontrar arboles superiores a los 3 m de altura y posterior a la marisma se tiene un bosque mixto de *Conocarpus erectus* y “vidrillo”, lo que nuevamente sugiere una zonación clásica para el noreste mexicano (Figura 28). Este transecto tuvo una longitud de 146.79 m. El relieve máximo del suelo fue de 57.7 cm con respecto al nivel del mar (Figura 28 y 29).

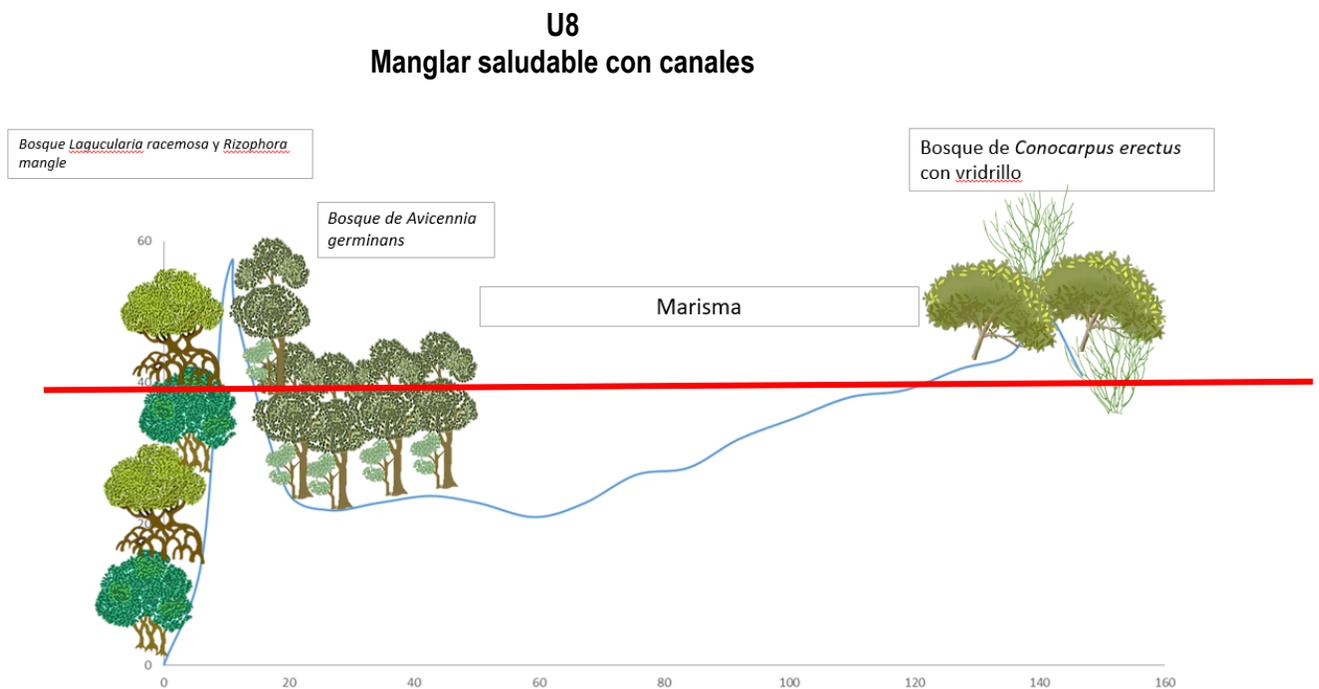


Figura 28. Microtopografía perfil horizontal para el sitio U8 (manglar saludable con canales).

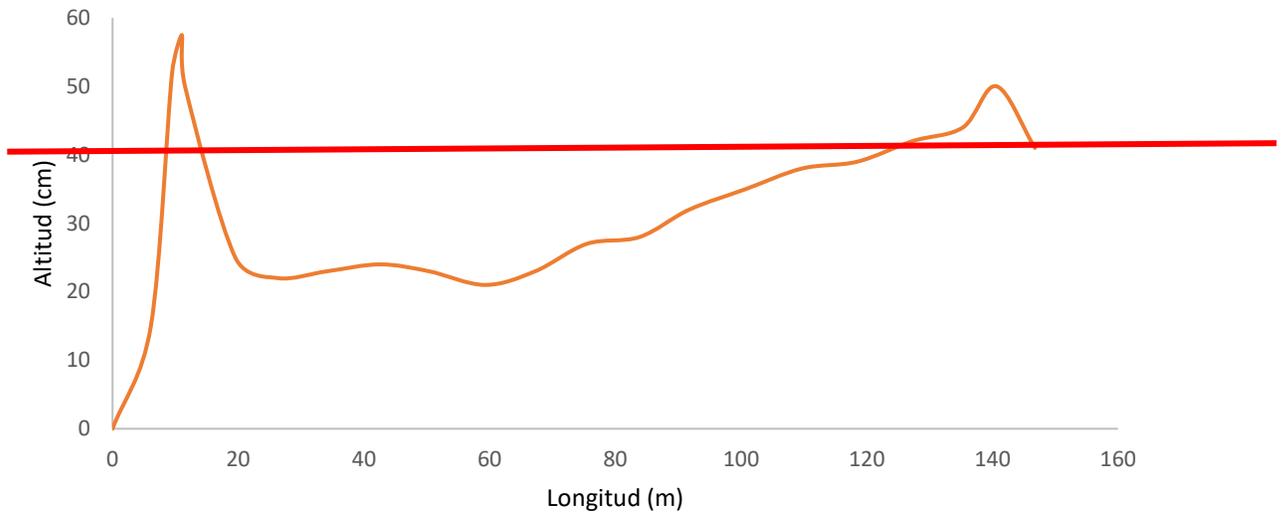


Figura 29. Grafica microtopografía perfil horizontal para el sitio U8 (manglar saludable con canales).

El manglar islote representa, nuevamente, una zonación clásica teniendo a un bosque denso de *Rhizophora mangle* en el canal de marea con inundación permanente, seguido por un bosque mixto de transición de *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans* y en la parte más alta del transecto se tiene un bosque de *Avicennia germinans* (Figura 30 y 31). Este transecto tuvo una longitud de 83.3 m. El relieve máximo del suelo fue de 28.5 cm con respecto al nivel del mar.

U9 Manglar Islote

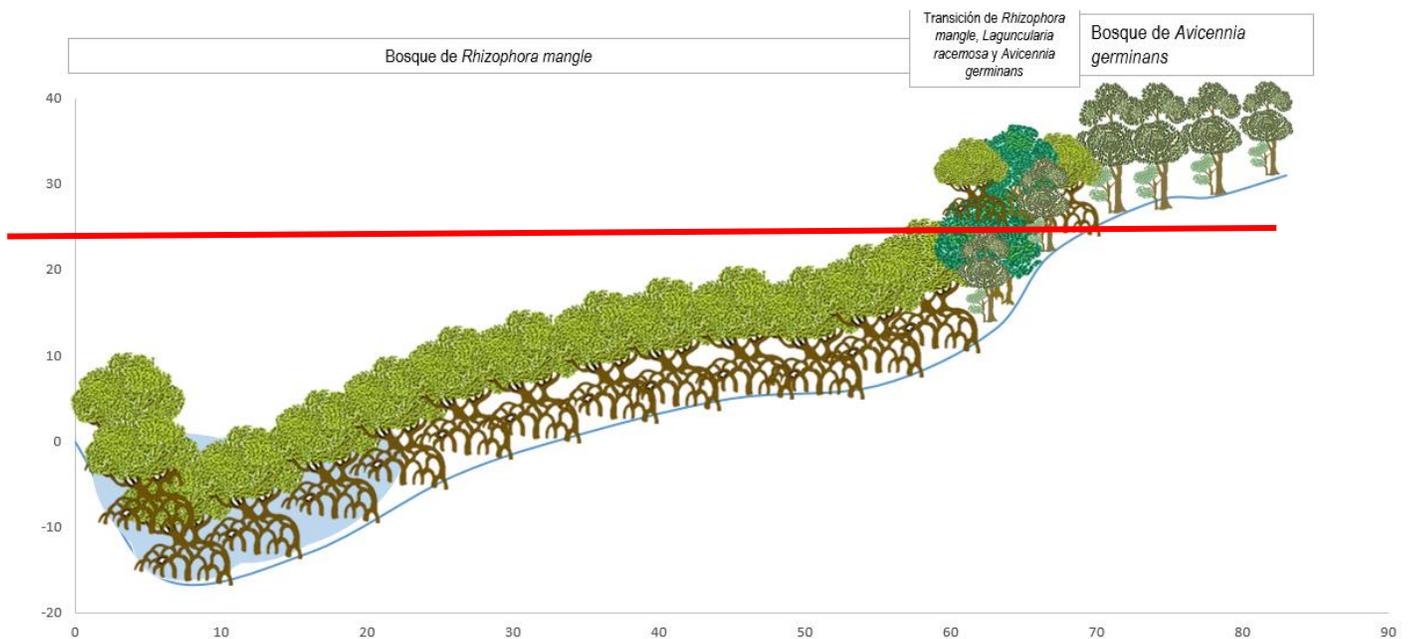


Figura 30. Microtopografía perfil horizontal para el sitio U9 (manglar islote).

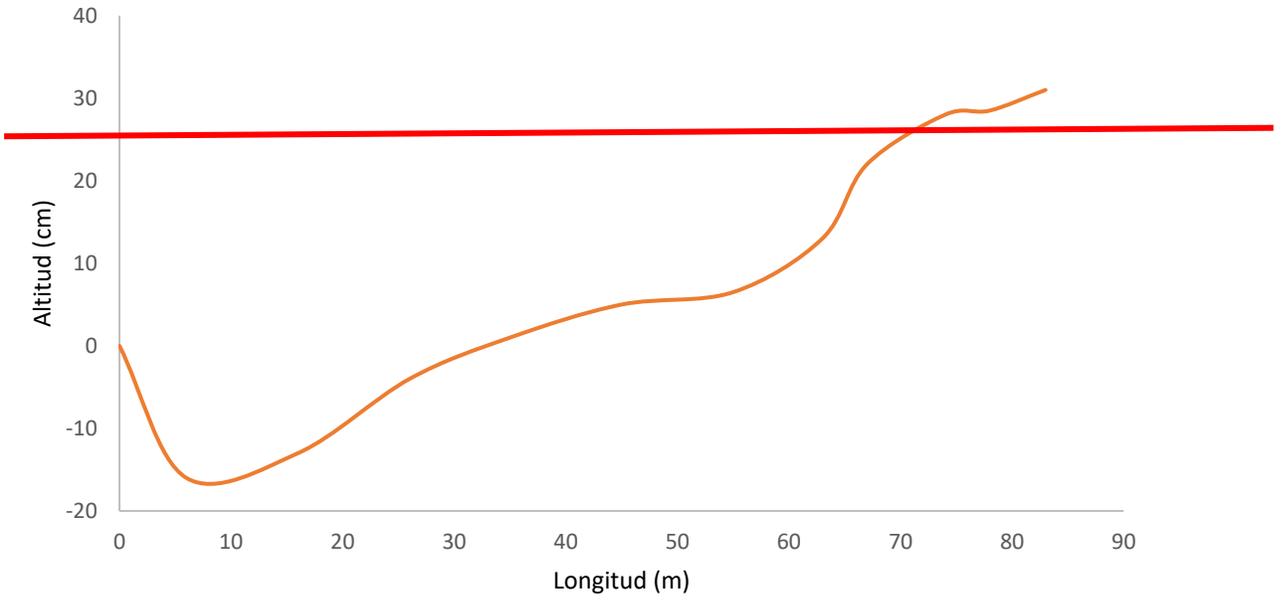


Figura 31. Grafica microtopografía perfil horizontal para el sitio U9 (manglar islote).

8.4 Estructura Forestal. Determinar la estructura forestal

Como se ha mencionado con anterioridad, hay diversos factores que determinan la variabilidad de tipos y estructura que el bosque de manglar presente, dentro de estos factores se encuentra el aporte de nutrientes, ya sea que estos sean de origen antropogénico o por escurrimiento terrígeno, precipitación, evaporación, topografía, frecuencia y periodo de inundación por mareas, composición del sedimento, etc. Los transectos se realizaron a partir de la línea del mar hacia el continente (Tabla 8).

- *Manglar saludable*: Bosque mayormente dominado por *Avicennia germinans*, aunque se pueden encontrar algunos individuos de *Laguncularia racemosa*. Bosque tipo borde.
- *Manglar con canales*: Bosque denso que se caracteriza por presentar tres especies de mangle (*R. mangle*, *L. racemosa*, *A. germinans*), con dominancia de *R. mangle*. Bosque de tipo borde que continua hacia el continente y cambia a bosque tipo matorral.
- *Manglar matorral*: Bosque tipo matorral con una altura ≥ 1.5 metros, posterior al manglar tipo borde (manglar con canales) se observaron manglares tipo matorral (monoespecífico de *Avicennia germinans*), esta fisionomía es típica de áreas donde las salinidades de agua intersticial son altas (≤ 70 ups) siendo este un factor limitante para el desarrollo del árbol.

Tabla 8. Estructura forestal

Parámetros	U1 Manglar saludable	U8 Manglar con canales	U8 Mangle matorral
Tipo fisionómico	Borde	Borde	Matorral
Densidad	3137.63 fustes·ha ⁻¹	2803.51 fustes·ha ⁻¹	20382.17 fustes·ha ⁻¹
Densidad Relativa Rhizophora mangle	S/D	36.3 % fustes	
Densidad Relativa Avicennia germinans	80 % de fustes	18.1 % fustes	100% fustes
Densidad Relativa Laguncularia racemosa	7.5 % fustes	38.6 % fustes	
Densidad Relativa arboles muertos	12.5 % fustes	6.82 % fustes	0% fustes
Densidad Absoluta Rhizophora mangle	S/D	1019.36 fustes·ha ⁻¹	
Densidad Absoluta Avicennia germinans	2510.11 fustes·ha ⁻¹	509.68 fustes·ha ⁻¹	
Densidad Absoluta Laguncularia racemosa	235.32 fustes·ha ⁻¹	1083.28 fustes·ha ⁻¹	
Densidad Absoluta arboles muertos	392.20 fustes·ha ⁻¹	191.20 fustes·ha ⁻¹	
Área basal (±) Rhizophora mangle	S/D	3.95 m ² ·ha ⁻¹	
Área basal (±) Avicennia germinans	14.77 m ² ·ha ⁻¹	0.69 m ² ·ha ⁻¹	
Área basal (±) Laguncularia racemosa	1.07 m ² ·ha ⁻¹	4.09 m ² ·ha ⁻¹	
Área basal (±) arboles muertos	0.52 m ² ·ha ⁻¹	0.34 m ² ·ha ⁻¹	
Área Basal total	16.36 m ² ·ha ⁻¹	9.08 m ² ·ha ⁻¹	32.2 m ² ·ha ⁻¹

8.5 Hojarasca

Evaluar la producción de hojarasca para determinar la productividad de un bosque de manglar y los efectos sobre la misma por eventos antrópicos o naturales con la dinámica de nutrientes.

La producción diaria de hojarasca presenta un intervalo de valores de 3.248 ± 2.269 a 0.890 ± 0.412 m^2 -día (tabla 9, figura 32). Registrando se los valores más elevados los días transcurridos del 29 de agosto al 20 de septiembre de 2016 (22 días) con 3.248 ± 2.269 y los valores más bajos para los días transcurridos del 9 de diciembre de 2015 al 20 de enero de 2016 (42 días) con 0.890 ± 0.412 . En la tabla 10 se tiene el total de biomasa producida durante el periodo de muestreo. (Para datos véase ANEXO IV)

Tabla 9. Valores de hojarasca $(\bar{x}) \pm (\sigma)$ m^2 -día.

Días de diferencia	Mes	$(\bar{x}) \pm (\sigma)$ m^2 -día
	9.Diciembre/15	
42	20.Enero/16	0.890±0.412
33	22.Febrero/16	2.166±0.956
25	18. Marzo/16	2.792±1.028
34	21.Abril/16	2.708±0.577
28	19.Mayo/16	2.407±0.627
35	23.Junio/16	1.780±0.889
34	27.Julio/16	1.942±1.172
32	29.Agosto/16	1.968±0.964
22	20.Septiembre/16	3.248±2.269
30	20.Octubre/16	2.776±0.967
29	18.Noviembre/16	1.318±0.473
63	20.Enero/17	1.140±0.459
28	17.Febrero/17	1.154±0.586
33	22.Marzo /17	1.797±0.481

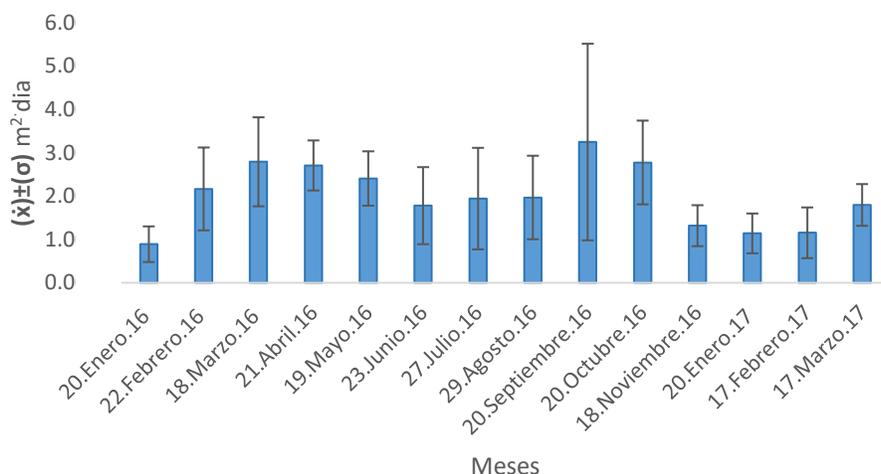


Figura 32. Promedio y desviación estándar de hojarasca por mes.

Tabla 10. Total producción de biomasa de hojarasca.

Hojarasca	Total (g·m⁻²· año)	Total Tn/ha.año	%	Total número de semillas Ha·año
Hojas y ramas	690.9	6.9	88.7	
Flores	19.5	0.1	2.5	
Semillas	67.8	0.6	8.7	
# semillas				2,346,666
Total	778.2	7.7	100	

La figura 33 representa el porcentaje de la producción de biomasa durante el tiempo de colecta, siendo las hojas y las ramas la mayor aportación de biomasa, seguido por las semillas y finalmente con menor aportación las flores ya que estas dos últimas dependen de la época del año para su aparición.

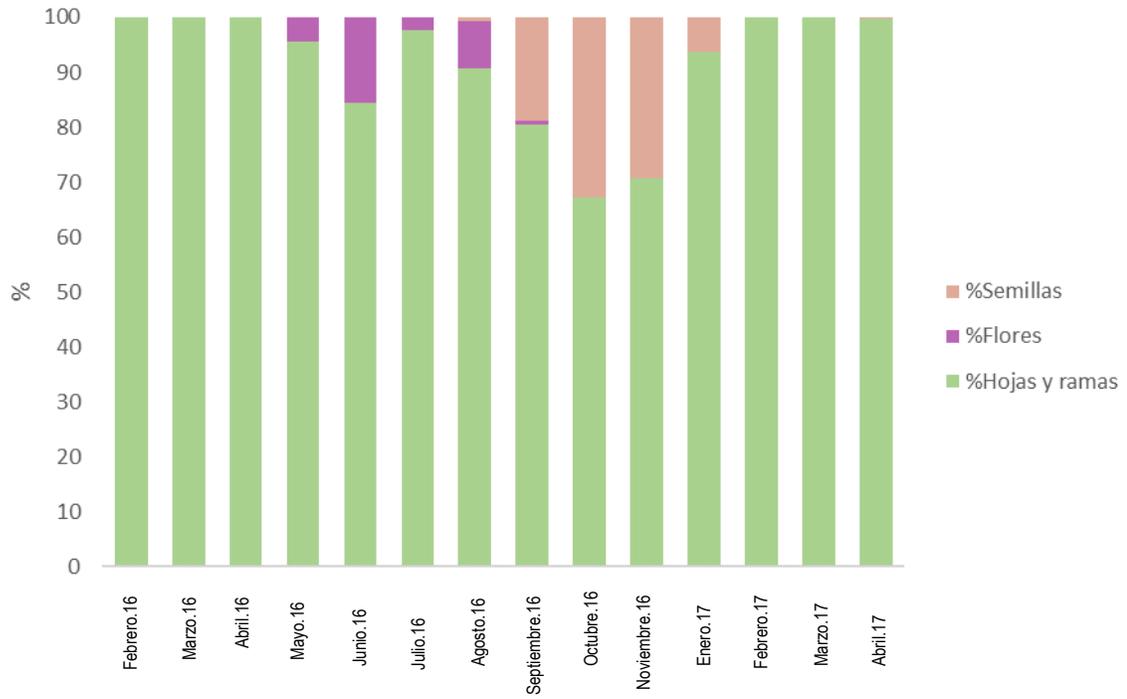


Figura 33. Porcentaje de producción de biomasa de hojarasca por mes y total (1 año) ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$)

9. Discusión

9.1 Nutrientes

El nitrógeno y sus especies químicas.

9.1.1 Nitritos (N-NO₂)

En términos de concentración los nitritos constituyen la especie menos abundante en los ambientes costeros (Soto-Jiménez et al., 2003), debido a que es el producto intermedio de la reacción de nitrificación y desnitrificación (Krom et al., 1992). Margalef (1982) afirma que, aunque esta especie se considera tóxica para la mayoría de los organismos, si la concentración no es excesiva y la cantidad de luz no es limitada, puede ser asimilado por el fitoplancton.

En este estudio los valores más altos los presentó el sitio U6, correspondiente a la estación puente Jabalines (3.58 μM) (Figura 6), lo cual es ligeramente elevado comparado con lo reportado por Pérez-Verdugo (2007) quien reporta 2.53 μM para la boca del estero del Infiernillo, lugar que queda cercano al sitio U6, pero es bajo comparado con lo reportado por Izaguirre-Flores (2012) con 7.95 μM . La mayor concentración se registró para el mes de agosto de 2016, la temperatura, oxígeno disuelto, salinidad, y en este caso, la descarga antropogénica que se libera en el estero de Uriás es determinante para este sitio, debido a que se encuentra dentro de la ciudad de Mazatlán, siendo el sitio más perturbado en este y en otros trabajos encontrados en la literatura. Conde-Gómez y De la Lanza-Espino (1994) atribuyen la alta concentración de nitritos a procesos de nitrificación y desnitrificación debido a la cercanía de asentamientos humanos.

En este estudio los nitritos contribuyeron con las concentraciones más bajas con respecto a los demás nutrientes, con 2% del nitrógeno inorgánico disuelto (NID) para el estero de Urias y los humedales de Isla de la Piedra siendo esta afirmación correspondiente con lo descrito por Soto-Jiménez *et al.*, 2003.

Basado en los **Criterios Ecológicos de Calidad del Agua CE-CCA-001/89**, se considera que valores por debajo a 0.002 mg/L de nitritos (0.043 μM N-NO₂) son valores seguros para la protección de la vida acuática en ambientes costeros y marinos (CECA, 1989), en este trabajo se obtuvo como valor máximo 1.22 mg/L (3.5 μM N-NO₂) lo cual excede de manera importante el valor recomendado.

9.1.2 Nitratos ($N-NO_3$.)

Los nitratos son la forma más oxidada del nitrógeno y a diferencia de los nitritos y el amonio es mucho menos tóxico. Al acumularse y descargarse en los ecosistemas acuáticos es asimilado por plantas y algas, que pueden tomar tanto amoníaco como nitrato del ambiente y así regresar a la cadena trófica, sin embargo, la existencia excesiva de este nutriente tiende a desencadenar un florecimiento algal, lo que provoca eutrofización en el sistema (Sengupta y Chaudhuri, 1991).

En el presente estudio las concentraciones de nitratos más elevadas se registraron para el mes de septiembre 2016 que corresponde a mediados y finales de la época de lluvias, en la estación U6, correspondiente al puente Jabalines ($87 \pm 0.000 \mu M$) este resultado es muy contrastante con lo reportado por Izaguirre-Flores (2012), Ochoa-Izaguirre (1999), CONAGUA (2001) debido a que sus concentraciones van de $14.07 \mu M$, $3.1 \mu M$ y $1.77 \mu M$ como máximos respectivamente a pesar de que reportan muestreos en lugares con descarga antrópica directa (p.e Puente Infiernillo, Granja Camaronera).

Lo reportado en este trabajo se puede discutir con lo propuesto con Moran-Silva *et al.* (2005) y con Ochoa-Izaguirre (2014), quienes encontraron que las concentraciones más altas de nitratos coinciden con zonas de descarga fluviales urbanas.

La alta presencia de nitratos en el agua estuarina de Urías se debe principalmente al aporte de aguas residuales y dependiendo de la época del año también se asocia con el funcionamiento de granjas (San Jorge) y cultivo de hortalizas en diferentes puntos de este sistema lagunar.

Por su parte, Pérez-Verdugo (2007) indicó que el valor promedio para los nitratos en el Estero de Urías es de $16.40 \mu M$ lo cual se asemeja con lo obtenido en este trabajo con $14.12 \mu M$.

Como se mencionó anteriormente, la presencia de nitratos en el agua está relacionada con el aporte de agua residual proveniente de las poblaciones aledañas, lo cual es congruente con lo obtenido para el humedal de tular en abril 2017 debido a que tuvo un alta concentración de $83.22 \pm 0.00 \mu M$. Esto es debido a que este humedal se encuentra expuesto a contaminación antrópica y a su vez, puede ser que el agua de mar del estero se filtre a este sitio por el subsuelo, ocasionando así la alta concentración de este nutriente.

Los niveles más bajos de nitratos se obtuvieron en las estaciones U1, U2 y U4 correspondientes al Manglar saludable, granja camaronera y manglar con desechos, estos sitios se caracterizan por la

presencia de *Rhizophora mangle* y *Avicennia germinans*, Twilley *et al.* (1986) y Boto (1992) sugirieron que los manglares son organismos muy eficientes para retener y reciclar nutrientes por diferentes mecanismos justificando así la poca concentración de este nutriente.

Es importante mencionar que las concentraciones más elevadas se obtuvieron durante la época de lluvias (septiembre 2016) y las más bajas en época de secas (febrero, marzo, abril 2017), esto es contrastante con lo publicado por Ochoa-Izaguirre (2014), ya que tuvo valores más elevados en la época de secas frías y más bajos en la época de lluvias cálidas, situación que es de esperarse ya que se presenta una dilución de nutrientes debido a la lluvia, sin embargo, se atribuye el aumento de nutrientes en esta época al arrastre terrígeno en las zonas urbanas e industriales aledañas a los bosques de manglar.

Es notable también la presencia de valores bajos de nitratos en los meses de junio a septiembre 2016 tanto en Urías como en los humedales de Isla de la piedra con excepción de septiembre 2016 para el puente de Jabalines que presentó su valor más alto.

Esto sugiere que en junio 2016 por la ausencia de lluvias y ascenso de la temperatura se favorecen las condiciones anaeróbicas y predomina la forma más reducida del nitrógeno (amonio).

A partir de julio a septiembre 2016 que corresponde a la época de lluvias y tengan un efecto de limpieza en ambos ambientes tanto a través de los escurrimientos terrestres superficiales (Estero de Urías) como a través del agua subterráneas provenientes de las lluvias sobre la barrera arenosa (Isla de la Piedra.) con excepción del Estero de Jabalines que continuó con la presencia de valores altos de amonio de junio a agosto 2016.

Basado en los **Criterios Ecológicos de Calidad del Agua CE-CCA-001/89**, se considera que valores por debajo a 0.004 mg/L de nitratos ($0.064 \mu\text{M N-NO}_3$.) son valores seguros para la protección de la vida acuática en ambientes costeros y marinos (CECA, 1989), en este trabajo se obtuvo como valor máximo 1.22 mg/L ($87.0 \mu\text{M N-NO}_3$.) en la zona más contaminada y un valor mínimo de 0.005 mg/L ($0.357 \mu\text{M N-NO}_3$.) concentraciones que exceden de manera importante el valor recomendado.

9.1.3 Amonio ($N-NH_4^+$)

El amonio es uno de los compuestos inorgánicos disueltos del nitrógeno que resulta tóxico para los organismos en altas concentraciones (Chien, 1992). La proporción de las especies químicas mencionadas anteriormente dependen principalmente del pH, temperatura y salinidad ya que es una reacción que se encuentra en equilibrio: $NH_4^+ \leftrightarrow H^+ + NH_3$ (Millero, 1996). Además de que estos se encuentran influenciados por el potencial óxido-reducción, que controla la especiación química del nitrógeno.

Las concentraciones reportadas en el presente estudio son contrastantes con las obtenidas por diversos autores, aunque el amonio fue la segunda especie del nitrógeno más abundante, las concentraciones son bajas con respecto a lo encontrado en la literatura.

CONAGUA (2001), Izaguirre-Flores (2012) y Ochoa-Izaguirre (2014) reportan como valores máximos $51.4 \mu M$, $211.04 \mu M$, $125 \mu M$ respectivamente, mientras que en este estudio la concentración más alta es de $28.06 \mu M$ para junio 2016 en sitio U6 (puente Jabalines). Cardoso-Mohedano (2004) reportó sus concentraciones máximas en Urías cercanas a la granja de camarón y a sitios asociados con dragado al igual que este estudio a sitios con aporte de aguas residuales ricas en nutrientes. Es necesario destacar que, para ese mes, la concentración de amonio se elevó en todas las estaciones en el Estero de Urías (Véase figura 10) con excepción del sitio U4 (manglar con desechos), cuyos valores elevados los presentó los meses anteriores (abril y mayo 2016), lo cual puede ser atribuido a que está rodeado de mangle rojo (*Rhizophora mangle*) y existe una alta remoción de nutrientes.

El aumento generalizado en el estero puede deberse a que fue época de secas-cálido. Época en el que algunos autores reportan sus concentraciones más elevadas por falta de recambio de agua y altas tasas de evaporación. Junio 2016 se caracterizó por presentar el incremento de la temperatura más alta del año combinado con la ausencia de lluvias las cuales inician a mediados-finales de julio. Esto puede sugerir que en este ambiente la nitrificación predomina y a que pueda existir mucho recambio de agua, así mismo Dodds *et al.* (2002) menciona que en ambientes acuáticos el amonio puede ser remplazado completamente por remineralización en menos de 6 minutos.

Aunque para Isla de la piedra la dinámica del amonio fue muy inestable (Véase figura 11) se puede percibir que el humedal con mayor concentración fue el humedal de agua dulce; cuerpo acuático que se sabe tiene intercambio directo de agua estuarina de Urías. Para el H3 humedal de agua dulce II

también se presentaron concentraciones elevadas, esto es porque tiene colindancia y por lo tanto mayor influencia de las colonias irregulares.

Todos los humedales tienen presencia de plantas vasculares y fitoplancton, Alonso-Rodríguez *et al.* (2000) asegura que las concentraciones de amonio presentan una variación espacial y temporal en los cuerpos costeros que están relacionados con procesos biológicos de carácter heterótrofo.

Aunque los valores de este estudio no superan a los encontrados por autores antes mencionados, basado en los **Criterios Ecológicos de Calidad del Agua CE-CCA-001/89**, se considera que valores por debajo a 0.001 mg/L de amonio ($0.055 \mu\text{M N-NH}_4^+$) son valores seguros para la protección de la vida acuática en ambientes costeros y marinos (CECA, 1989), en este trabajo se obtuvo como valor máximo 0.39 mg/L ($28.06 \mu\text{M N-NH}_4^+$) en la zona más contaminada concentración que excede de manera importante el valor recomendado.

9.1.4 NID ($\text{NO}_2 + \text{NO}_3 + \text{NH}_4^+$)

Las formas químicas dominantes del nitrógeno inorgánico en aguas marinas costeras son el amonio, nitrito y nitrato y la variación de estos depende de las fuentes de aporte y de los procesos biogeoquímicos del sistema (Ochoa-Izaguirre y Soto-Jiménez, 2013)

En el agrupamiento del NID los valores más elevados se encontraron en el puente Jabalines lo que indica claramente un efecto de eutrofización de esta zona proveniente de las descargas puntuales y escurrimientos de la zona urbana de Mazatlán que drena al estero como las fuentes no puntuales de los asentamientos irregulares de su alrededor.

Se presentaron los valores más elevados de amonio ($> 25 \mu\text{M}$) a finales de la época de sequía (junio 2016) extendiéndose a la temporada de lluvias (julio y agosto 2016) en el caso del puente Jabalines (U6) y frente a la granja camaronera (U2) lo que es un indicador de condiciones anaeróbicas asociadas a descargas ricas en materia orgánica proveniente de las descargas urbanas y por descargas acuícolas en el segundo caso.

Se puede observar un efecto de limpieza en el resto del Estero de Urías y los humedales de Isla de la Piedra con concentraciones bajas de NID.

De septiembre de 2016 a abril de 2017 el NID tuvo un comportamiento variable en el Estero de Urías con valores particularmente elevados frente a la flota camaronera (U3), se puede atribuir a las

actividades antrópicas asociada tanto a la flota como a la industria camaronera y atunera y sus fluctuaciones guarden relación con el estado de la marea al momento del muestreo (pleamar o bajamar en mareas vivas o encuartadas (Véase ANEXO V).

Es importante hacer notar la diferencia de los valores de febrero a abril del 2016 comparados al 2017, lo que es indicativo de variabilidades anuales como temporales en el Estero de Urías en función de las actividades antrópicas y la dinámica natural del sistema.

Los humedales de Isla de La Piedra presentan valores bajos de NID en la época de lluvias. El tular (H4) presentó los valores más bajos de NID, que se atribuye al efecto de remoción del NID por los tulares que poseen la capacidad de absorber tanto los nitratos como el amonio directamente a diferencia de otras macrófitas que se limitan solamente al nitrato.

El humedal estuarino (H2) que se caracteriza por tener intercambio directo con el agua estuarina de Urías, presenta valores elevados del NID igual que el humedal H1.

Para el estero de Urías se realizó un análisis de similitud (Figura 16) donde se pretendió ver que tanta similitud presentaban los sitios de muestreo en función de la concentración del NID, los sitios que presentaron mayor similitud fueron el U3 y U5 correspondientes a la flota camaronera y al muelle respectivamente, geográficamente ambos sitios se encuentran cercanos sobre el canal de navegación y el recambio de agua constante. La estación U6 correspondiente al puente Jabalines se muestra como un grupo de ordenamiento independiente con menor similitud al resto de las estaciones, esto debido a que es el sitio más perturbado.

Para Isla de la Piedra, fueron los sitios H3 y H4, humedal con tular y humedal de agua dulce II respectivamente, sitios que se caracterizaron por presentar los niveles de NID más bajos, esto se puede atribuir a la presencia de macrófitas (tular), que se caracterizan por la capacidad de absorber tanto los nitratos como el amonio del medio.

9.1.5 Fosfatos ($P-PO_4^{-3}$)

El fosfato es la forma más común del fósforo en las aguas marinas y residuales, este elemento puede ser limitante para la producción primaria de algunos ecosistemas marinos-estuarinos costeros (Cloern, 1999).

En el presente estudio el valor más elevado de fosfato se obtuvo en la estación U1, correspondiente al Manglar Saludable con $9.91 \mu M$ para el mes de abril de 2017, este sitio se caracteriza por ser el más alejado del canal principal de navegación del Estero y no se habían reportado concentraciones

elevadas en este sitio para ningún nutriente. Sin embargo, en las partes aledañas a este sitio se encuentran sitios de cultivo y el fosfato es un elemento presente en los fertilizantes y plaguicidas (organofosforados).

Así mismo es importante mencionar que esta estación (U1) presenta la concentración más elevada únicamente para un mes (abril 2016), y que los sitios U6 y H2 presentan los niveles más altos durante todo el periodo de muestreo.

Las concentraciones obtenidas para este trabajo son bajas en comparación con otros estudios: Rendon-Martínez (2015) reporta concentraciones máximas de $26 \mu M$, Izaguirre-Flores (2012) reporta como máxima concentración $11.16 \mu M$. Pero altos en comparación con lo reportado por Ochoa-Izaguirre (1999) quien obtuvo una concentración máxima de $4.2 \mu M$ para la época de secas, lo cual es correspondiente con este trabajo donde la mayor concentración fue para la misma época, SEMARNAP (2000) reporta $6.4 \mu M$ para la boca del estero y Alonso-Rodríguez (2000) $0.3 \mu M$ para la bahía de Mazatlán donde el efecto de la marea y el oleaje son constantes.

Isla de la Piedra presenta una concentración máxima de $16.2 \mu M$ en el humedal estuarino (mayo, 2016), situación que se justifica debido a la influencia directa que tiene con el mar. La concentración encontrada en este sitio supera a la registrada para el estero debido a que el recambio de agua baja y la evaporación alta.

Para el estero de Urías se realizó un análisis de similitud (Figura 18) donde se pretendió ver que tanta similitud presentaban los sitios de muestreo en función de la concentración de fosfatos, los sitios que presentaron mayor similitud fueron el U2 y U5 correspondientes a la granja camaronera y al muelle respectivamente, geográficamente ambos sitios no se encuentran cercanos, sin embargo, se caracterizaron por presentar las concentraciones de fosfatos más bajas. La estación U5 se encuentra cercana a la boca del estero, teniendo un recambio de agua constante, la estación U2 se encuentra lejos de la boca del estero, pero sobre el canal de navegación cercana a la zona de bosque de manglar esta estación presenta los niveles más bajos para febrero de 2017, lo que sugiere que la granja camaronera suspendió sus actividades temporalmente.

La estación U6 correspondiente al puente Jabalines se muestra como un grupo de ordenamiento independiente con menor similitud al resto de las estaciones, esto debido a que es el sitio más perturbado.

Basado en los **Criterios Ecológicos de Calidad del Agua CE-CCA-001/89**, se considera que valores por debajo a 0.002 mg/L de fosfatos ($0.021 \mu M \text{ P-PO}_4^{3-}$) son valores seguros para la

protección de la vida acuática en ambientes costeros y marinos (CECA, 1989), en este trabajo se obtuvo como valor máximo 0.30 mg/L ($9.91 \mu\text{M P-PO}_4^{3-}$) en la zona más contaminada concentración que exceden de manera importante el valor recomendado.

9.1.6 Relación N:P

Los nutrientes limitantes en ambientes acuáticos son el (N) nitrógeno y el (P) fósforo, estos dos nutrientes son requeridos por organismos y pueden controlar la producción de un sistema. Las mediciones de concentraciones de nutrientes son útiles para indicar estado trófico y las relaciones de valores de nutrientes se pueden utilizar para indicar si un nutriente particular es limitante (Dodds 2002).

Sze, (1998) menciona que normalmente se tiene al nitrógeno como elemento limitante en el océano, pero es menos común que se presente como un nutriente limitante en aguas continentales, en donde el fósforo suele ser el nutriente limitante, lo que es congruente con este estudio donde se obtuvo que los sistemas estudiados tienden a la desnitrificación y únicamente dos meses (julio y agosto 2016) presentan una tendencia a la fijación del nitrógeno, teniendo este como elemento limitante. Estos meses corresponden a la época de cálidas – húmedas.

Páez-Osuna *et al.*, (2007) reporta que la mayor fuente de fósforo y nitrógeno que llega a la cuenca del Estero de Urías es antrópica, y estos elementos son aportados por actividades como son: el cultivo de camarón, la presencia de hortalizas y la descarga de aguas residuales.

Durante el muestreo anual, en los sitios U4 (Manglar con desechos) y el H4 (Humedal con tular), casi todos los meses se registró que el elemento limitante fue el nitrógeno, estos sitios se caracterizan por tener influencia directa con asentamientos irregulares de Isla de la piedra y la descarga de aguas residuales que producen; esto puede tener como consecuencia el aporte intenso y constante de fósforo a los sistemas. Respecto a esto Redfiel (1958) publica el hecho de que cuando los elementos se agotan sustancialmente por el crecimiento del fitoplancton y concentraciones residuales no utilizados de uno u otro elemento, pueden alterar en gran medida las proporciones, y también porque en el proceso de descomposición, el fósforo tiende a ser regenerado más rápidamente que el nitrógeno, ambas afirmaciones son descritas para aguas costeras y para la superficie del mar abierto.

9.2 Parámetros Fisicoquímicos

Las variaciones de temperatura y salinidad registradas en este estudio son congruentes con las observadas por Izaguirre-Flores (2012), Ochoa – Izaguirre (1999, 2014) para el sistema lagunar Urías. Estos cambios corresponden a los cambios estacionales típicos para latitudes tropicales y subtropicales (De la Lanza, 1994) con las temperaturas más elevadas en verano (junio) y las más bajas en invierno (enero) y los valores altos de salinidad en época de secas cálidas (junio) y bajos en lluvias (agosto).

Las temperaturas obtenidas tanto para el estero de Urías como para los humedales de Isla de la Piedra no muestran diferencias significativas (K-W $p=0.821$) pero las salinidades para ambos casos sí (Urías: K-W $p=0.012$, Humedales: K-W $p=0.001$), estas diferencias podrían responder a condiciones locales que se presentan en los sistemas como son: zonas con manglar y otras macrófitas, tiempo de residencia de las masas de agua, influencia de mareas, tasas de evaporación-precipitación y profundidades.

La salinidad más baja corresponde al sitio U6 (puente Jabalines), debido al aporte de aguas residuales provenientes de la ciudad, mientras que las más elevadas se tienen en el sitio U1 (manglar saludable), esto debido a que los sitios con manglar y marismas tienen la característica de ser hipersalinos debido la dinámica que presentan las mareas, teniendo tasas de evaporación muy altas y esporádica entrada de agua.

La temperatura se muestra homogénea en los sitios a lo largo del periodo de muestreo.

9.3 Microtopografía

De acuerdo con Lewis (1982) el conocimiento de la microtopografía permite determinar la distribución del bosque de manglar y otros humedales, esto con el fin de reconocer las áreas potenciales para restauración, aplicación o creación de nuevas áreas y el reclutamiento de determinadas especies.

Teas (1977) reporta que el nivel del suelo con respecto al nivel de la marea es un factor determinante para el establecimiento del manglar Cintrón (1988) asegura que la frecuencia, el nivel y exposición de inundación son factores vitales para sobrevivencia de *Rhizophora mangle*, así como de las demás especies de mangle.

En las regiones áridas como es el caso de Sinaloa existen limitantes para el desarrollo de los manglares, que son; la escasa precipitación y la alta evaporación, mareas estacionales y veranos muy cálidos (Domínguez – Cadena *et al.*, 2009). La amplitud de marea en la laguna costera de Uriás varía de 130 cm (marea viva) a 50 cm (marea muerta) (Monroy-Torres *et al.*, 2015).

Flores-Verdugo (2006) destaca que en regiones semiáridas y subtropicales el relieve topográfico y la salinidad intersticial son factores que influyen directamente en la presencia y el desarrollo estructural del bosque.

La laguna costera donde se realizaron los transectos muestran variedad de patrones de zonación que dependen del perfil topográfico, la pendiente y la distancia al canal de mareas.

Todos los sitios muestreados, corresponden a una “zonación clásica” de un bosque de mangle del noroeste del país, lo que corresponde con lo reportado por Monroy-Torres *et al.* (2015), que se refiere a sitios donde la pendiente presenta una suave inclinación y una intensa acción de mareas, la vegetación en la zona sublitoral está dominada por *R. mangle*, la cual está inundada la mayor parte del tiempo. La zona media intermareal está dominada por *L. racemosa*, *A. germinans* y matorrales densos de *A. germinans* y finalmente la zona supralitoral consiste de matorrales dispersos de *A. germinans* cerca de la marisma. Posterior a la zona de marisma donde la entrada de agua es esporádica, el mangle se vuelve disperso y se puede encontrar a *Conocarpus erectus* colindante con vegetación terrestre como es el caso de las halófitas *Salicornia spp* y *Batis marítima*, también conocidos como “vidrillos” como fue en el caso los transectos a los manglares con canales y con marisma.

9.4 Estructura Forestal

Se evaluaron dos localidades de manglar que corresponden a bosques mixtos poco perturbados de *A. germinans*, *R. mangle* y *L. racemosa* de tipo borde y matorral que tienen influencia directa del canal de marea.

Los manglares de tipo matorral se caracterizan por tener densidades muy elevadas (>10,000 fustes ha^{-1}), mientras que un bosque de tipo borde sano va de 2,000 a 3,000 fustes $\cdot \text{ha}^{-1}$. Áreas basales por encima de los 9 $\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ se pueden considerar normales para este tipo de bosque. Los resultados obtenidos en este trabajo, tanto manglar tipo matorral como borde indican un buen estado de conservación (Tabla 8).

La ubicación del manglar en términos de geomorfología costera y de topografía es determinante en

la clasificación de los bosques de manglar (Twilley, 1998), los efectos de ambientes extremos pueden también afectar el desarrollo estructural de los bosques y disminuir la complejidad de estos, por ejemplo: tormentas tropicales y huracanes. El Estero de Urías se encuentra dentro del corredor de huracanes del Pacífico Oriental (Baja California Sur, Sinaloa y Nayarit) lo que indica la homogeneidad del bosque que su vez sugiere que vienen del mismo periodo de colonización, por tanto, aproximadamente de la misma edad.

El manglar tipo riverero corresponde a un tipo fisionómico de mangle que posee las condiciones ambientales ideales, ya que tiene flujos de agua salobre permanente lo que significa que tiene aporte de nutrientes constante y salinidades bajas, en el caso del tipo borde y matorral cuando se reduce el flujo de entrada de agua dulce en el bosque, no solo decae la cantidad de nutrientes, sino que la salinidad aumenta (>70 ups) provocando estrés tanto a semillas como a individuos ya establecidos, teniendo un crecimiento bajo (Field, 1995) Por ejemplo, los manglares tipo matorral se caracterizan por ser de arbustos con menos de 1.5 m de altura, ya que estos se ven expuestos a estrés hídrico, teniendo concentraciones de sal muy elevadas (Flores-Verdugo, 2015).

El área basal obtenida en este estudio para el manglar tipo matorral es elevada ($32.2 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$) y puede compararse con lo reportado por Agraz-Hernández (1999) para Campeche ($34.2 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$). En el caso de este estudio, el área basal alta puede atribuirse a que en este sitio se colocaron previamente tubos de comunicación estero-marisma para la manipulación hidrológica y así reducir la salinidad intersticial de esta marisma hipersalina, siendo *A. germinans* la especie adecuada para la colonización de esta área (Flores-Verdugo *et al.*, 2015).

En la tabla 11 se muestra que el área de estudio es comparable con otros bosques de manglar.

Tabla 11. Comparación de estructura forestal en distintas áreas de estudio.

Áreas de estudio	Tipo fisionómico	Densidad	Área Basal total
U1 (Manglar saludable) (1)	B	3,137.6 fustes·ha ⁻¹	16.36 m ² ·ha ⁻¹
U8 (Manglar con canales) (1)	B	2,803.5 fustes·ha ⁻¹	9.08 m ² ·ha ⁻¹
U8 (Manglar con canales matorral) (1)	M	20,382.1 fustes·ha ⁻¹	32.2 m ² ·ha ⁻¹
Estero de Urías, Sinaloa (5)			
- Estero de Urías	M	36,000 fustes·ha ⁻¹	7.2 m ² ·ha ⁻¹
- Vena El Caiman	B	3,270 fustes·ha ⁻¹	10.9 m ² ·ha ⁻¹
- Vena El Zacate	B	3,622 fustes·ha ⁻¹	13.7 m ² ·ha ⁻¹
- Estero Confites	B	1,541 fustes·ha ⁻¹	8.9 m ² ·ha ⁻¹
- Marisma "La Sirena"	M	36,000 fustes·ha ⁻¹	7.2 m ² ·ha ⁻¹
Río Verde, Campeche (2)	B	3,714.6 fustes·ha ⁻¹	20 m ² ·ha ⁻¹
Boca La tigre, Agua Brava Nayarit (3)	B	3,203 fustes·ha ⁻¹	14 m ² ·ha ⁻¹
Boca Cegada, Nayarit (5)	M	40,000 fustes·ha ⁻¹	6.1 m ² ·ha ⁻¹

Boca chica, L. Términos, Campeche (4)	M	3,360 fustes·ha ⁻¹	34.2 m ² ·ha ⁻¹
Estero El Pargo, L. Términos, Campeche (4)	M	7,510 fustes·ha ⁻¹	23.2 m ² ·ha ⁻¹
Ten thousand Islands, Florida, U.S.A. (6)	B		1.5 m ² ·ha ⁻¹
Ceiba, Puerto Rico (6)	B		1.6 m ² ·ha ⁻¹

Este estudio (2017), 2) Gaona-Pineda (2007), 3) Flores-Verdugo (1986), 4) Day *et al.* (1987), 5) Agraz-Hernández (1999), 6) Pool (1977). B (borde), M (matorral).

En el caso de que la densidad relativa del bosque tenga $\geq 20\%$ de árboles muertos, se considera como un bosque perturbado. Si entonces se tiene de una mortalidad $\leq 10\%$ se considera un bosque saludable. En el presente estudio se obtuvieron mortalidades bajas y ligeramente elevadas en las estaciones U8 y U1 respectivamente (tabla 12).

Tabla 12. Densidades relativas para el Estero de Urías.

Estero de Urías	Tipo fisionómico	Densidad Relativa <i>Rhizophora mangle</i>	Densidad Relativa <i>Avicennia germinans</i>	Densidad Relativa <i>Languncularia racemosa</i>	Densidad Relativa arboles muertos
U1 (Manglar saludable)	B	-	80 % de fustes	7.5 % fustes	12.5 % fustes
U8 (Manglar con canales)	B	36.3 % fustes	18.1 % fustes	38.6 % fustes	6.82 % fustes
U8 (Manglar con canales matorral)	M	-	100 % fustes	-	-

9.5 Hojarasca

Los manglares son especies perennes y sus hojas presentan recambio foliar a lo largo del tiempo, producen y aportan gran cantidad de materia orgánica en forma de detritus al sistema lagunar adyacente y al suelo. La cantidad de hojarasca que se produce está determinada por los parámetros medio ambientales y fisicoquímicos del agua (Flores-Verdugo y Pardo, 1978). En el presente estudio la estimación de producción de hojarasca se llevó a cabo en un bosque de *Avicennia germinans* de tipo borde.

Según Clought y Attiwill (1982), Dawes, (1998), Twiley y Day (1999) la mayor caída de hojas al suelo generalmente se presenta durante la temporada de lluvias, Flores-Verdugo *et al.* (1992) y Agraz-Hernández (1999), sugieren que las variaciones en la producción de hojarasca de *A. germinans* y *L. racemosa* en las costas mexicanas están determinadas por los aportes de agua dulce, inundación por mareas, la composición del suelo, los nutrientes y que el recambio total de las hojas en *A. germinans* sucede en aproximadamente 330 ± 20 días. Así mismo, Infante Mata *et al.*, (2012) reportan que estos bosques requieren periodos de inundación para dispersar las semillas y así

mantener la productividad, lo cual indica una sincronización entre las inundaciones y el funcionamiento del bosque; las afirmaciones anteriores son congruentes con este trabajo, ya que el mes donde mayor cantidad de hojarasca se colectó fue en septiembre, mes que también tuvo la mayor precipitación anual para el 2016 con 223 mm (Véase ANEXOS V y VI).

En el presente estudio se obtuvo un total de 2,346,666 semillas ha·año⁻¹ y estas se hicieron presentes desde julio/2016 hasta marzo/2017, obteniendo la mayor cantidad de semillas en los meses de septiembre y octubre de 2016 correspondiendo nuevamente a la temporada con mayor precipitación, esto concuerda con Flores-de-Santiago *et al.* (2012) quienes publican que los bosques de manglar en esta región semi-árida florecen y producen semillas y propágulos durante el verano en los meses de junio a septiembre.

Comparativamente la productividad del bosque de *Avicennia germinans* en el Estero de Urías, es similar a otros bosques de manglar del Pacífico mexicano y Golfo de México, como se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13. Comparación del aporte de hojarasca en bosques de manglar en distintas zonas geográficas.

Sitio	Tipo	Hojarasca (g.m ⁻² .año)	Total hojarasca Tn/ha.año	Referencias	Observaciones
Estero de Urías, Sin. U1	B	778	7.7	1	Costa Pacífico
Barra de Navidad, Jal.	B	1287	12.8	2	Costa Pacífico
Enfermería, B.C.S.	B	1631	16.3	3	Costa del Golfo de California
Balandra, B.C.S.	B	948	9.4	3	Costa del Golfo de California
Laguna de Términos, Camp.	B	834	8.3	4	Costa Golfo de México
La Mancha, Veracruz	B	2734.3	27.3	5	Costa Golfo de México
Rio Verde, Camp.	B	360	3.6	6	Costa Golfo de México
Agua Brava, Nay.	B	1015	10.5	7	Costa Pacífico
San Juan, Puerto Rico	B	6606	66.0	8	Costa Atlántico
Florida, U.S.A.	B	616	6.1	9	Costa Atlántico
Hawaii, U.S.A.	B	2518	25.8	10	Pacífico central

U1, Este estudio (2017), 2) Sandoval-Rojo y Zaragoza-Araujo (1986), 3) Espinoza *et al.* (1981), 4) Day *et al.* (1987), 5) Hernandez, Zaragoza, Iriarte-Vivar, Flores-Verdugo y Casasola, (2011), 6) Gaona-Pineda, (2007), 7) Flores-Verdugo (1986), 8) Barreiro-Guemes, (1999). 9) McKee y Faulkner, (2000), 10) Cox y Allen, (1999). B= Borde

Flores-Verdugo (1992) sugiere una tabla para definir tipos fisionómicos de manglar (Tabla 14), en esta se da una estimación de la producción de hojarasca en un bosque de tipo borde: $906 \pm 89 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{año}^{-1}$, por lo tanto, con el resultado de este trabajo se considera como una producción de media a alta.

Tabla 14. Definición y características ecológicas de diferentes tipos fisionómicos del manglar. Flores-Verdugo, 1992.

Características	Ribereño	Borde	Cuenca	Matorral
Densidad (rodal/ha)	1730±350	5930±3005	3580±394	25030
Área Basal m²/ha	41.5±8.8	17.9±2.9	18.5±1.6	0.6
Especie (No/0.1 ha)	3±0.4	2.0±0.3	2.3±0.2	1.0
Altura (m)	17.7±3.7	8.2±1.1	9.0±0.7	1.0
Hojarasca (g·m⁻²·año⁻¹)	1170±170	906±89	730±30	130

10. Conclusiones

10.1 Nutrientes

- El sitio U6, correspondiente al puente Jabalines fue la estación con las concentraciones más altas de nutrientes (N-NO_2^- , N-NO_3^- , N-NH_4^+ , NID y P-PO_4^{3-}).
- Las concentraciones más elevadas de NID se obtuvieron en septiembre (lluvias) de 2016, para el Estero de Urías (U6). Y en abril (secas-frías) para el humedal Tular (H4) de Isla de la Piedra.
- Las concentraciones más elevadas de fosfatos (P-PO_4^{3-}) se obtuvieron en abril 2016 (secas-frías) para el sitio U1 (manglar saludable) pero la estación U6 fue la que presentó los niveles más altos el resto del periodo de muestreo. Y en mayo (secas-cálidas) para el humedal estuarino de Isla de la Piedra.
- En julio y agosto 2016 (lluvias) se registraron los valores más bajos de nutrientes en los humedales de Isla de la Piedra.
- Las oscilaciones de los nutrientes en el estero de Urías las atribuimos a las condiciones de marea en el momento del muestreo (véase anexo V), así como a los periodos de procesamiento de la industria camaronera (septiembre – abril).
- El nitrato (NO_3^-) fue la especie del nitrógeno (N) más abundante dentro del NID tanto en el sistema lagunar Urías (60%) como en los humedales de Isla de la Piedra (66%).
- En la relación N:P ambos sistemas estudiados tienden a la desnitrificación, teniendo al P como elemento limitante.
- Basado en los **Criterios Ecológicos de Calidad del Agua CE-CCA-001/89** se concluye que el Estero de Urías presenta concentraciones de nutrientes que sobrepasan valores seguros para la protección de la vida acuática en ambientes costeros y marinos (CECA, 1989), sin embargo, a pesar de esto los bosques de manglar ubicados en la periferia del estero presentan, una buena distribución y buen estado de salud.

10.2 Parámetros Fisicoquímicos

- La salinidad varió de 21 a 44 UPS en el Estero de Urías y de 0 a 8 UPS en los humedales dulceacuícolas de Isla de la Piedra.
- La salinidad y la temperatura más elevadas se obtuvieron en el mes de junio correspondiente al final de la época de sequía y mayor tasa de evaporación.
- Las salinidades más bajas se obtuvieron al final de la época de lluvias (octubre – noviembre).
- La salinidad más elevada se obtuvo en el sitio U1, correspondiente al manglar saludable y la más baja el sitio U6 correspondiente al Puente Jabalines.

10.3 Microtopografía

- Los bosques de manglar evaluados en este estudio presentan zonación clásica del noroeste en donde se presenta un gradiente micro topográfico positivo.
- La zonación del manglar definió dos entornos de hidroperíodo diferenciales:
 - Una zona de manglar rojo, blanco y negro representando la zonación clásica con pendiente positiva e influencia de mareas permanente.
 - Una zona posterior al bordo natural dominado por manglar negro matorral y marisma sin vegetación, dependiente únicamente de las mareas más altas del mes y aportes de agua dulce durante el periodo de lluvias.

10.4 Estructura Forestal

- Los resultados obtenidos para la estructura forestal, tanto para el manglar tipo matorral como el manglar tipo borde indican un buen estado de conservación.
- El Estero de Urías se encuentra dentro del corredor de huracanes del Pacífico Oriental (Baja California Sur, Sinaloa y Nayarit) lo que indica la homogeneidad del bosque, lo que sugiere un predominio de árboles de la misma generación, por lo tanto, aproximadamente de la misma edad.
- *Avicennia germinans* es la especie que se encontró en los tres sitios muestreados, por lo que esta es una especie adecuada para la colonización natural o inducida en suelos salinos a ligeramente hipersalinos <70 UPS.

10.5 Hojarasca

- La producción de hojarasca en el área de estudio se consideró como media-alta, lo que indican un buen estado de conservación
- La mayor producción se obtuvo en época de lluvias (septiembre); reflejo de una disminución de salinidad y un mayor aporte de nutrientes terrígenos.
- La producción de propágulos es elevada y estacional (septiembre, octubre y noviembre) a diferencia de zonas tropicales lluviosas que tienen producción constante todo el año.

11. Literatura citada

- Agraz-Hernández C., M. (1999). Reforestación experimental de manglares en ecosistemas lagunares estuarinos de la costa noroccidental de México. Tesis de doctorado, Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México, 130 pp.
- Agraz-Hernández C., M., García-Zaragoza., C., Iriarte-Vivar., S., Flores-Verdugo., F., J., Moreno-Casasola P. (2011). Forest structure, productivity and species phenology of mangroves in the La Mancha lagoon in the Atlantic coast of Mexico. *Wetlands Ecol Manage* (2011) 19:273–293 DOI 10.1007/s11273-011-9216-4
- Agraz-Hernández C., M., Noriega-Trejo, R., López-Portillo, J., Flores-Verdugo, F.J., Jiménez-Zacarias, J.J., (2006). Guía de campo. Identificación de los manglares en México. Universidad Nacional Autónoma de Campeche. 45 p.
- Alongi M. Daniel (1994). The role of bacteria in nutrient recycling in tropical mangrove and other coastal benthic ecosystems. *Ecology and Conservation of Southeast Asian Marine and Freshwater Environments including Wetlands*. Springer Netherlands pp 19-32. 10.1007/978-94-011-0958-1_3.
- Alonso-Rodríguez, R., Páez-Osuna, F., Cortés-Altamirano, R. (2000). Trophic Conditions and Stoichiometric Nutrient Balance in Subtropical Waters Influenced by Municipal Sewage in Mazatlán Bay (SE Gulf of California) *Marine Pollution Bulletin* 40:331-339
- Álvarez León, R., (1977). Estudio hidrobiológico de los esteros del Astillero Urias y la Sirena, adyacentes a Mazatlán, Sinaloa, México. Tesis de maestría. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. México. 131 pp.
- Ball, M., (1998). Mangrove species richness in relation to salinity and waterlog: A case study along the river Floodplain, Northern Australia. *Global Ecol. And Biogeography*, 7 (1): 73-82.
- Barreiro-Guemes, Ma. Teresa. (1999). Aporte de hojarasca y renovación foliar del manglar en un sistema estuarino del Sureste de México. *Rev. biol. trop* [online]., vol.47, n.4 2017-10-03], pp. 729-737. ISSN 0034-7744.
- Bendschneider, K. y T.R. Parsons. (1972). *A Practical Handbook of Sea Water Analysis*. Fish. Res. Board of Canada. Edición Ottawa.
- Blasco, F. (1988). Estudio sobre los manglares y de la vegetación tropical utilizando datos proporcionados por satélites. *Institute de la Carte Internationale de la Vegetation*. Inst. Interna. Map Vegetat. Univ. Paul Sabatier. 120 p.
- Borges A.V., Delille B., Frankignoulle M. (2005). Budgeting sinks and sources of CO₂ in the coastal ocean: Diversity of ecosystems counts. *Geophys. Res. Lett.* 32, L14601, doi: 10.1/2005GL023053.
- Boto, K. G. 1992. Nutrients and mangroves, in *Pollution in Tropical Aquatic Systems*, D. W.
- Brinson, M., Lugo, A. E., Brown, S. (1988). Forested wetlands in freshwater and salt-water environments *Forestid wetlands*, 33, 894–909.

- Burton, G.A. (2002). Sediment quality criteria in use around the world. *Limnology*. 3:65-75
- Cardoso-Mohedano, J. G. 2004. Impacto de la descarga de efluentes de los estanques de cultivo de camarón en un complejo lagunar (estero de Urías, Mazatlán, Sinaloa, México) con y sin influencia del dragado. Tesis de Maestría. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Carranza-Edwards, A., M. Gutiérrez-Estrada y R. Rodríguez-Torres. (1975). Unidades morfotectónicas continentales de las costas mexicanas. *An. Centro Cien. del Mary Limnol. Univ. Nal. Autón. México*.2(1): 81-88 pag.
- Chapman, V.J. (1970). Mangrove Phytosociology. *Trop. Ecol.* (5):1-19 pag.
- Chien, Y.H. (1992). Water quality requeriments and management for marine shrimp culture. In: wyban, J. (ed), *Proceedings of the special sesión on shrimp farming*. World Aquaculture Society, Baton Rouge, USA, pp. 144-156.
- Citrón M, G., Schaeffer N. (1983). *Introducción a la ecología del manglar*. Montevideo; ROSTLAC; 118p.
- Citrón, G., Lugo, A.E., Pool, D.J. y Morris, G. (1978). Mangroves of arid environments in Puerto Rico and adjacent islands. *Biotropical*. 10: 110.1121
- Citrón, M. G. (1988). Mangrove forest: ecology and response to natural and man induced stressor.
- Cloern, J. E. (1999). The relative importance of light and nutrient limitation of phytoplankton growth: a simple index of coastal ecosystem sensitivity to nutrient enrichment. *Aquatic Ecology*, 33, 3-16
- Clough BF, Attiwill PM. (1982). Primary productivity of mangroves. In: Clough BF (ed.), *Mangrove Ecosystems in Australia*. Australia Institute of Marine Sciences and Australia National Univ. Press, Canberra, pp. 213–222.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2001). *Estudio de calidad del agua de la Bahía de Mazatlán*, Subdirección regional técnica. Culiacán, México. 130 pp.
- Conde-Gómez., J. y De la Lanza-Espino, G. (1994). Hidrología contra contaminación en la laguna Ensenada del Pabellón, Sinaloa. *Ocenología* (2):43-59.
- Covantes R. C. (2005). La percepción de los habitantes sobre los ecosistemas acuáticos en Mazatlán, Sinaloa. Editorial UAS. México. Pág. 95-100, 102-113.
- Cox, E.F., Allen, J.A., (1999). Stand structure and productivity of the introduced *Rhizophora* mangle in Hawaii. *Estuaries* 22, 276e284
- Dawes CJ. (1998). *Marine Botany*. 2nd ed. John Wiley and Sons, New York, 480 pp.
- Day, J.W., Conner, W, H., Ley-Lou, F., Day, R.H. y Machado-Navarro, A. 1987. The productivity ad composition of mangrove forest. *Laguna de Terminos, México. Aqua. Bot.* 27:267-284.
- De la Lanza-Espino, G., y Soto L.A. (1999). Sedimentary geochemistry of hydrothermal vents in Guaymas Basin, Gulf of California, Mexico. *Applied Geochemistry* 14: 499-510.

- Dodds, W. K. (2002). Freshwater ecology: concepts and environmental applications. Academic Press, San Diego.
- Domínguez-Cadena, R., Riosmena-Rodríguez, R., León de la Luz, J. L., (2009). Taller: definición de prioridades de conservación y restauración de humedales en la región noroeste. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. La Paz, Baja California.
- Espinoza, M., Sánchez, P., y Muñoz., E. (1981) Valor energético de los detritus y algunos aspectos sobre la productividad y degradación de *Rhizophora mangle*, en tres zonas de manglar de la Bahía de la Paz, B.C.S Inf. Lab. CIB. 137-179.
- Field, C. (1996) Restoration of mangrove ecosystems. Okinawa: International Tropical Timber Organization. 250 p.
- Field, C., (1995). Impact of expected climate change on mangroves. *Hydrobiologia* 295, 75e81. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00029113>.
- Flores, V. F., Agraz-Hernández C y D. Benítez-Pardo (2002). Creación y restauración de ecosistemas de manglar: principios básicos. Capítulo de libro. Gobierno Municipal de Jalapa, Veracruz-Instituto de Ecología A. C. Jalapa, Veracruz.
- Flores-de-Santiago, F., Flores-Verdugo, F., De-León-Herrera, R., y Gonzalez-Farías, F. (2015). Nutrient removal in a closed silvofishery system using three mangrove species (*Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa*, and *Rhizophora mangle*). *Marine Pollution Bulletin*, 91(1), 243–248. <http://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.11.040>
- Flores-de-Santiago, F., Kovacs, J.M., Flores-Verdugo, F., (2012). Seasonal changes in leaf chlorophyll a content and morphology in a sub-tropical mangrove forest of the Mexican Pacific. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 444, 57e68. <http://dx.doi.org/10.3354/meps09474>.
- Flores-Verdugo, F. J. (1986). Ecología de los manglares y perfil de comunidades en los sistemas lagunares de Agua Brava y Marismas Nacionales, Nayarit, Reporte Técnico, Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología. Clave PCECBNA-022068. Ciudad de México, México.
- Flores-Verdugo, F. J. (1989). Algunos aspectos sobre la ecología, uso e importancia de los ecosistemas de manglar. *Temas de oceanografía biológica en México*, 21-56.
- Flores-Verdugo, F. J., & Pardo, D. B. (1978). Ecosistemas acuáticos costeros: importancia, retos y prioridades para su conservación.
- Flores-Verdugo, F. Kovacs, J. M., & Vandenberg, C. V., (2006). Assessing fine beam RADARSAT-1 backscatter from a white mangrove (*Laguncularia racemosa* (Gaertner)) canopy. *Wetlands Ecology and Management*, 14(5), 401–408. <http://doi.org/10.1007/s11273-005-6237-x>
- Flores-Verdugo, F. y Agráz-Hernandez, G. (2001). Los ecosistemas de manglar de Quintana Roo. Servicios y Funciones.
- Flores-Verdugo, F.J., González-Farías, F., Zamorano, D.S., Ramírez-García, P., (1992). Mangrove ecosystem of the Pacific coast of México: Distribution, structure, litterfall, and detritus dynamics. In: Seeliger, U. (Ed.), *Coastal Plant Communities of Latin America*.

Academic Press, New York, USA, pp. 269–287.

- Gaona Pineda, O., (2007). Tesis de Maestría. Consideraciones ambientales y prospección para la Restauración de un Ecosistema de Manglar al Sureste de la Reserva de la Biosfera “Los Petenes”. México D.F. 73 pp.
- García-Márquez, F. (1984). Topografía Aplicada. Editorial Concepto, México, 200 p.
- Haig S.M., Mehlman D.W., Oring L.W. (1998). Avian movements and wetland connectivity in landscape conservation. *Conserv. Biol.* 12(4): 749–758.
- Halpin P.M. (2000). Habitat use by an intertidal salt-marsh fish: trade-offs between predation.
- Hedges J.I., Keil R.G., Benner R. (1997). What happens to terrestrial organic matter in the ocean. *Org. Geochem.* 27: 195–212.
- Holguin G., Vazquez P., Puente M.E., Lopez-ortes A., Bashan Y. (2000). Phosphate-solubilizing microorganisms associated with the rhizosphere of mangroves in a semiarid coastal lagoon, 460–468.
- Hutchings, P., Saenger., P. (1987). Ecology of mangroves University of Queensland Press.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2013) Anuario estadístico del estado de Sinaloa. INEGI, Mexico City.
- Infante Mata, D., Moreno-Casasola, P., & Madero-Vega, C. (2012). Litterfall of tropical forested wetlands of Veracruz in the coastal floodplains of the Gulf of Mexico. *Aquatic Botany*, 98(1), 1–11. <http://doi.org/10.1016/j.aquabot.2011.11.006>.
- Izaguirre-Flores E. I., (2012). Variación anual de la calidad del agua del sistema Estuario de Urias, Sinaloa, México.
- Kraemer A. R, Choudhury K. y E. Kampa, (2001). Protecting Water Resources: Pollution Prevention, Thematic Background Paper – International Conference on Freshwater Bonn 2001, Secretariat of the International Conference on Freshwater Bonn 2001 (Ed) Bonn, 2001, ([http://: www.water-2001.de](http://www.water-2001.de))
- Krom, M. D., Brenner, S., Kress, N., Neori, A. y Gordon, L. I. (1992). Nutrient dynamics and new production in a warm-core eddy from the E. Mediterranean. *Deep-Sea Res.* 39:467-480.
- Lefeuvre, J.C, Laffaille, P., Feunteun, E., Bouchard, V., Radureau, A. (2003). Biodiversity in salt marshes: from patrimonial value to ecosystem functioning. The case study of the Mont-Saint-Michel bay. *C. R. Biol.* 326(Suppl 1): S125–S131
- Lewis III, R.R., (1982). Creation and Restoration of Coastal Plant Communities. CRC Press. Boca Raton, FL, 219p.
- Lieberknecht, L. (2000). Coastalland use and land use changes in Sinaloa, Mexico. An analysis using LandSat MSS and TM imagery. Master thesis. University of Wales, Bangor. 138 p.
- Lugo, A. E., Snedaker, S., C. (1974). The ecology of mangroves. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 5: 39-64.
- Maltby, E. (1991). Wetland management goals: wise use and conservation, 20, 9–18.
- Margalef, R. (1982). Ecología. Ediciones Omega, S.A. Barcelona, España. 951 pp.

- McKee, K.L., Faulkner, P.L., (2000). Restoration of biogeochemical function in mangrove forests. *Restoration Ecology* 8, 247e259.
- Mee L. D., (1978). Coastal lagoons. in: *Chemical oceanography*, Vol. 7, edited by J. P. Riley and R. Chester, 2nd Ed., Academic Press, NY. 441-490.
- Millero, F. (1996). *Chemical Oceanography*, CRC Press, Boca Raton, Fla. 469 pp.
- Mitsch, W. J., Gosselink, J. G. (2000). The values of wetlands: Landscapes and institutional. *The value of wetlands: importance of scale and landscape setting*, 35(200), 25–33.
- Monroy-Torres, M., Flores-Verdugo, F., & Flores-de-Santiago, F. (2015). Growth of three subtropical mangrove species in response to varying hydroperiod in an experimental tank. *Ciencias Marinas*, 40(4), 263–275.
- Montaña-Ley Y, Peraza-Vizcarra R, Páez-Osuna F. (2008). Tidal hydrodynamics and their implications for the dispersion of effluents in Mazatlán Harbor: An urbanized shallow coastal lagoon. *Water Air Soil Pollut.* 194: 343–357. <http://dx.doi.org/10.1007/s11270-008-9721-0>
- Morán-Silva, A., Martínez-Franco, L.A., Chávez-López, R., Franco-López, J., Bedia-Sánchez, M. Contreras-Espinoza, F., Gutiérrez-Mendieta, F., Brown-Peterson, N. J., Peterson, M. S. (2005) Seasonal and spatial patterns in salinity, nutrients and chlorophyll a in the Alvarado Lagoonal System, Veracruz, México. *Gulf and Caribbean Research*. 17:133-143.
- Moroyoqui-Rojo L, Flores-Verdugo FJ (2005). Análisis de la eficiencia en la remoción de nutrientes en un sistema experimental silvo pesquero (manglar-ictiopfauna) con recirculación de agua. MSc dissertation, CIDIR Instituto Politécnico Nacional de México, Guasave.
- Murphy J., Riley J., P. (1962) A modified, single solution method for determination of phosphate in natural waters. *Anal Chim Acta* 27:31-36
- Nixon S. W., (1981). Remineralization and nutrient cycling in coastal marine ecosystems, in: *Estuaries and nutrients*, edited by B. J. Neilson and L. E. Cronin, Humana Press. NY, 111-138. 643 p.
- Ocaña, D., Lot, A. (1996). Estudio de la vegetación acuática vascular del Sistema fluvio-lagunar-deltaico del río Palizada en Campeche, Mexico. *Anales Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México, Ser. Bot.* 67 (2): 303-327. 1996.
- Ochoa-Izaguirre M. J. (2014). Isótopos estables ^{14}N y ^{15}N en macroalgas como biomonitores de contaminación de nitrógeno en una laguna costera subtropical: estudio bajo condiciones naturales y controladas. Tesis Doctoral. Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. 241 pp.
- Ochoa-Izaguirre M. J., Soto-Jiménez M. F. (2013). Evaluación de las fuentes de nitrógeno en el sistema lagunar de Urías, golfo de California, mediante el uso de isótopos estables en macroalgas. *Ciencias Marinas* (2013), 39 (4): <http://dx.doi.org/10.7773/cm.v39i4.2285>.
- Ochoa-Izaguirre M., J, Carballo J., L, Páez-Osuna F. (2005). Qualitative changes in macroalgal assemblages under two contrasting climatic conditions in a subtropical estuary. *Bot. Mar.* 45: 130–138.
- Ochoa-Izaguirre, M. J., (1999). Composición y distribución de macroalgas en el sistema lagunar de Urías (Mazatlán, Sinaloa, México): variación estacional de la biomasa en relación

con la disponibilidad de nutrientes y algunos factores ambientales. Tesis de Maestría. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México.

- Odum, W. E., Heald, E. J. (1975) Mangrove forest and aquatic productivity. Cap. 5. En: An introduction to land – water interaction. Springer-Verlag Ecological Study Series, New York, 135 p.
- Odum, W.E., McIvor, C.C. & Smith, T.J. III. (1982). The ecology of mangroves of south Florida: A community profile: Biological Service Program, U.S. Department of the interior. FWS/OBS-81/24. 144pp.
- Páez-Osuna, F., Guerrero-Galván, S.R., Ruiz-Fernández, A.C., Espinoza-Angulo, R. (1997). Fluxes and mass balances of nutrients in a semi-intensive shrimp farm in north-western México. *Marine Pollution Bulletin* 34, 290-297.
- Páez-Osuna, F. y Ruiz-Fernández, A.C. (2001). La calidad del agua en la camaronicultura: conceptos, manejo y normatividad. 101-136 p. En: Páez-Osuna, F. (ed). 2001. Camaronicultura y Medio Ambiente. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, PUAL, El Colegio de Sinaloa. México. 448 p.
- Páez-Osuna, F., Ramírez-Reséndiz, G., Ruiz-Fernandez, A.C. y Soto-Jiménez, M.F. (2007). La contaminación por nitrógeno y fósforo en Sinaloa: flujos, fuentes, efectos y opciones de manejo. UNAM, ICMYL, Colegio de Sinaloa, SEMARNAT, CONACyT. 304 p.
- Pennington T.D. y J. Sarukhan. (1969). Árboles Tropicales de México. ONU FAO. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. México. D.F.
- Pérez Verdugo, F. (2007). Determinación de variables físicas, químicas y nutrientes (nitratos y fosfatos) en el Estero de Urías y en la Bahía de Mazatlán, Sinaloa. UAS FACIMAR. Mazatlán, Sinaloa, México. 47 pp.
- Pethick, J. (2001). Coastal management and sea-level rise. *CATENA* 42 (2-4): 307-322
- Pool D., J., Snedaker S. C. and Lugo A. E. (1977). Structure of Mangrove Forests in Florida, Puerto Rico, Mexico, and Costa Rica Authors: Association for Tropical Biology and Conservation Stable URL : [http://www.jstor.org/sta, 9\(3\), 195–212](http://www.jstor.org/sta, 9(3), 195–212).
- Ramírez-Barrón E. (2014). Distribución de las especies de manglar en relación a la microtopografía y la manipulación experimental del hidroperíodo para abatir la salinidad intersticial en una marisma hipersalina, en el Estero de Urías; Mazatlán Sinaloa. Tesis Maestría. Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. 241 pp
- Ramsar Convention Secretariat. (2013). The Ramsar Convention Manual, 6th edition. The Ramsar Convention Manual: A Guide to the Convention on Wetlands (Ramsar, Iran, 1971), 109.
- Redfield, C., Alfred (1958). The biological control of chemical factors in the environment. *American Scientist*, Vol. 46, No. 3. September 1958, PP. 230A, 205-221. Sigma Xi, The Scientific Research Society.

- Rendón-Martínez J. R. (2015). Tesis de Maestría: Contenido de materia orgánica, fósforo y arsenic total en los sedimentos superficiales del Estero de Urías, Mazatlán, Sinaloa. Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM.
- Rico-Gray, V. (1981). *Rhizophora harrisonii* (Rhizophoraceae), un nuevo registro para las costas de México. *Bol. Soc. Bot. Mex.* 7: 163-165.
- Ridd, P. V., (1996). Flow through animal burrows in mangrove creeks. *Estuar Coast and Shelf Science.* 43(5):617-625.
- Riley, J.P. (1953). The Spectrophotometric determination of amonia in natural water with particular reference to sea-Water *Anal. Chim. Acta* Vol 9: 575-589.
- Rodríguez-Zúñiga, M.T., T.-S. C., Vázquez-Lule, A. D., Márquez-Mendoza, J. D., V.-B., B., Valderrama-Landeros, L., Velázquez-Salazar, S., C.-L., M. I., Ressler, R., Uribe-Martínez, A., Cerdeira-Estrada, S., A.-, Velázquez, J., Díaz-Gallegos, J., Jiménez-Rosenberg, R., F.-, & Mac Donald, L. y G.-L. (2013). *Manglares de México: Extensión, distribución y monitoreo. Conabio.*
- Ruttenger, K.C. (2004). The global phosphorus cycle. 585-643 p. En: Holland, H.D. y Turekian, K.K. (Eds). *Treatise of geochemistry.* Amsterdam. Elsevier Pergamon. 643 p.
- Saenger, P., (2002). *Mangrove Ecology, Silviculture and Conservation.* Klumer Academic Publishers, Dordrecht.
- Sandoval-Rojo. L., y Zaragoza-Araujo, U. (1986). Informe de análisis fisionómico estructural del manglar y su aporte de materia orgánica en la Laguna de Barra de Navidad, Jalisco, México. *Lab. Cienc. del Mar. Auton. De Guad. México.* 50 pp.
- Sengupta A., Chaudhuri S., (1991). Ecology of heterotrophic dinitrogen fixation in the rhizosphere of mangrove plant community at the Ganjes River estuary in India. *Oecologia* 87:560–564.
- Soto-Jiménez, M.F., Páez-Osuna. F. and Ruiz-Fernández, A.C., (2003). Organic matter and nutrients in an altered subtropical marsh system, Chiricahueto, N.W., Mexico. *Environmental Geology,* 43: 913-921.
- Strickland J., Parsons T., R. (1972) A practical handbook of seawater analysis. *Bull Fish Res Bd Can* 167:1-311.
- Suman, D. O., (1994). El ecosistema de manglar en América Latina y la cuenca del Caribe: su manejo y conservación. Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science, Universidad de Miami. Miami Florida & The Tinker Foundation, New York, New York.
- Sze, P. (1998). *A Biology of the Algae.* Third edition. WCB/McGraw-Hill.
- Teas, H. (1977). Restoration of mangrove ecosystems. *Biol. Department, Univ. of Miami,* Coral Gables, Florida, pp. 33-124.
- Twilley R., R. Day JW. (1999). The productivity and nutrient cycling of mangrove ecosystem. In: Yáñez-Arancibia A, Lara-Domínguez, AL (eds.), *Ecosistemas de Manglar en América Tropical.* Instituto de Ecología, México, UICN/HORMA, Costa Rica, NOAA/NMFS Silver Spring, MD, USA, pp. 127–152.

- Twilley R.R, Lugo A.E. y Patterson-Zucca C (1986). Litter production and turnover in basin mangrove forests in southwest Florida. *Ecology* 67: 670-683
- Twilley, R.R., (1998). Mangrove wetlands. In: Messina M.G., Conner, W.H. (Eds.), *Southern Forested Wetlands: Ecology and Management*. CRC Press LLC, Boca Raton, Florida, USA, pp. 445-473.
- Valiela, I, Teal J.M., Volkman, S., Shafer, D., Carpenter, E.J. (1978). Nutrient and Particulate Fluxes in a Salt Marsh Ecosystem Tidal Exchanges and Inputs by Precipitation and Ground Water. *Limnol. Oceanogr.* 23(4): 798–812.
- Whittaker, R. H., Likens, G. E. (1975) *The biosphere and man*. En: H. Lieth, R. H. Whittaker (eds.). *Primary productivity of the biosphere*. Springer-Verlag, New York, 21p.
- Yang, S., Shih, S., Hwang, G., (2013). The salinity gradient influences on the inundation tolerance threshold of mangrove forest. *Ecol. Eng.* 51:59-65.
- Yáñez-Arancibia, A. y A. L. Lara-Domínguez (eds.), (1999). *Ecosistemas de Manglar en América Tropical*. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, México; UICN/ORMA Costa Rica; NOAA/NMFS Silver Spring MO USA. 380 p.

12. ANEXOS

ANEXO I. Referencias antecedentes para estudios en México y a nivel mundial.

- Agraz Hernández, C., Flores Verdugo, F., y Calvario Martínez, O. (2011). Impacto de la camaricultura en ecosistemas de manglar y medidas de mitigación, 372–393.
- Aké Castillo, J. A., Vázquez, G., y López-Portillo, J. (2006). Litterfall and decomposition of *Rhizophora mangle* L. in a coastal lagoon in the southern Gulf of Mexico. *Hydrobiologia*, 559(1), 101–111. <http://doi.org/10.1007/s10750-005-0959-x>
- Alongi, D. M. (1996). The dynamics of benthic nutrient pools and fluxes in tropical mangrove forests. *Journal of Marine Research*, 54(1), 123–148. <http://doi.org/10.1357/0022240963213475>
- Arreola-Lizarraga, J. A., Flores-Verdugo, F. J., y Ortega-Rubio, A. (2004). Structure and litterfall of an arid mangrove stand on the Gulf of California, Mexico. *Aquatic Botany*, 79(2), 137–143. <http://doi.org/10.1016/j.aquabot.2004.01.012>
- Ayukai, T., Miller, D., Wolanski, E., y Spagnol, S. (1998). Fluxes of nutrients and dissolved and particulate organic carbon in two mangrove creeks in northeastern Australia. *Mangroves and Salt Marshes*, 2(4), 223–230. <http://doi.org/10.1023/A:1009923410116>
- Bridgman, S. D., Megonigal, J. P., Keller, J. K., Bliss, N. B., Trettin, C., y Service, U. F. (2006). THE CARBON BALANCE OF NORTH AMERICAN WETLANDS, 26(4), 889–916.
- Clough, B. (1998). Mangrove forest productivity and biomass accumulation in Hinchinbrook, (1989), 191–198.
- Coronado-Molina, C., Alvarez-Guillen, H., Day, J. W., Reyes, E., Perez, B. C., Vera-Herrera, F., & Twilley, R. (2012). Litterfall dynamics in carbonate and deltaic mangrove ecosystems in the Gulf of Mexico. *Wetlands Ecology and Management*, 20(2), 123–136. <http://doi.org/10.1007/s11273-012-9249-3>
- De la Lanza-Espino G., Flores-Verdugo F.J. (1997). Nutrient fluxes in sediment (nh 4 + and po 4 3) in coastal lagoon mexico associated with an agroindustrial basin, (1986), 105–120.
- Dittmar, T., & Lara, R. J. (2001). Driving Forces Behind Nutrient and Organic Matter Dynamics in a Mangrove Tidal Creek in North Brazil, 249–259. <http://doi.org/10.1006/ecss.2000.0743>
- Flores-Verdugo F., González Farías F., Ramírez-Flores O. (1990). Mangrove Ecology , Aquatic Primary Productivity , and Fish Community Dynamics in the Teacapfin-Agua Brava Lagoon-Estuarine System (Mexican Pacific), 13(2), 219–230.
- Flores-Verdugo F., González-Farías F. y Zaragoza-Araujo U. (1993) Ecological parameters of the mangroves of semi-arid regions of Mexico: Important foe ecosystem management.
- Flores-Verdugo, F. J., González-Farías F., Blanco-Correa M., Nuñez-Pastén A. (1997) The Teacapan-Agua Brava_Marismas Nacionales mangrove ecosystem on the Pacific coast of México.
- Flores-Verdugo, F., Zebadua-Penagos, F., & Flores-de-Santiago, F. (2015). Assessing the influence of artificially constructed channels in the growth of afforested black mangrove (*Avicennia germinans*) within an arid coastal region. *Journal of Environmental Management*, 160(July), 113–20. <http://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.06.024>
- Flores-Verdugo., Casasola, M., Hernández, A., Maricusa, C., Pardo, B., Bello, T., & Cecilia, A. (2007). La topografía y el hidroperíodo: dos factores que condicionan la restauración de los humedales costeros. *Bol.Soc.Bot.Méx.* 80 (Suplemento):33-47 (2007).
- Hernandez, C. M. A., Zaragoza, C. G., Iriarte-Vivar, S., Flores-Verdugo, F. J., & Casasola, P. M. (2011). Forest structure, productivity and species phenology of mangroves in the La Mancha lagoon in the Atlantic coast of Mexico. *Wetlands Ecology and Management*, 19(3), 273–293. <http://doi.org/10.1007/s11273-011-9216-4>

- Infante Mata, D., Moreno-Casasola, P., & Madero-Vega, C. (2012). Litterfall of tropical forested wetlands of Veracruz in the coastal floodplains of the Gulf of Mexico. *Aquatic Botany*, 98(1), 1–11. <http://doi.org/10.1016/j.aquabot.2011.11.006>
- Lugo, A. E., Brown, S., Brinson, M. M., & Carolina, E. (1988). Forested wetlands in freshwater and salt-water environments *Forested wetlands*, 33, 894–909.
- Mitsch W. J., Day J. W., J., Gilliam, J. W., Groffman, P. M., & Hey, D. L. (1999). Reducing nutrient loads, especially nitrate-nitrogen, to surface water, groundwater, and the Gulf of Mexico. Retrieved from http://www.oceanservice.noaa.gov/products/hypox_t5final.pdf\npapers2://publication/uuid/3F004353-C241-45E6-A6BE-D175493DE074
- Monroy-Torres, M., Flores-Verdugo, F., & Flores-de-Santiago, F. (2015). Growth of three subtropical mangrove species in response to varying hydroperiod in an experimental tank. *Ciencias Marinas*, 40(4), 263–275.
- Moroyoqui-Rojo I., Flores-Verdugo F. J., Hernández-Carmona G., Casas-Valdez M., Cervantes-Duarte R., Nava-Sánchez E.H.(2012)Nutrient removal using two species of mangrove (Rhizophora mangle and Laguncularia racemosa) in experimental shrimp (Litopenaeus vannamei) culture ponds. 38, 333–346.
- Nixon, S. W., and Island, R. (1982). Nutrient dynamics, primary production and fisheries yields of lagoons, 357–372.
- Ochoa-Izaguirre, M. J., Soto Jiménez M. F. (2013). Evaluación de las fuentes de nitrógeno en el sistema lagunar de Urías, golfo de California, mediante el uso de isótopos estables en macroalgas. *Ciencias Marinas* (2013), 39(4): 413–430 <http://dx.doi.org/10.7773/cm.v39i4.2285>.
- Onuf, C. P., Teal, J. M., Valiela, I., Onuf, C. P., and Teal, J. M. (1977). Linked references are available on JSTOR for this article: INTERACTIONS OF NUTRIENTS, PLANT GROWTH AND HERBIVORY IN A MANGROVE ECOSYSTEM', 58(3), 514–526.
- Sánchez-Andres, R., Sánchez-Carrillo, S., Alatorre, L. C., Cirujano, S., and Ivarez-Cobelas, M. (2010). Litterfall dynamics and nutrient decomposition of arid mangroves in the Gulf of California: Their role sustaining ecosystem heterotrophy. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 89(3), 191–199. <http://doi.org/10.1016/j.ecss.2010.07.005>
- Sharma, S., Rafiqul Hoque, A. T. M., Analuddin, K., & Hagihara, A. (2012). Litterfall dynamics in an overcrowded mangrove *Kandelia obovata* (S., L.) Yong stand over five years. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 98, 31–41. <http://doi.org/10.1016/j.ecss.2011.11.012>
- Utrera-López, M. E., & Moreno-Casasola, P. (2008). Mangrove litter dynamics in la Mancha Lagoon, Veracruz, Mexico. *Wetlands Ecology and Management*, 16(1), 11–22. <http://doi.org/10.1007/s11273-007-9042-x>
- Vymazal, J. (2007). Removal of nutrients in various types of constructed wetlands, 380, 48–65. <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2006.09.014>
- Wafar, S., Untawale, A. G., and Wafar, M. (1996). Litter fall and energy flux in a mangrove ecosystem. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 44(1), 111–124.

ANEXO II. Concentraciones de nutrientes en μM .

- Datos del Estero de Urias

Estero/Nitritos	U1 Manglar saludable	U2 Granja camaronera	U3 Flota camaronera	U4 Manglar con desechos	U5 Muelle	U6 Puente Jabalines
Febrero/16	0.142±0.000	s/d	0.436±0.000	s/d	0.065±0.000	s/d
Marzo/16	0.125±0.007	s/d	0.138±0.007	s/d	0.227±0.007	s/d
Abril/16	0.299±0.009	0.005±0.009	0.201±0.000	0.216±0.000	0.155±0.000	0.603±0.107
Mayo/16	0.154±0.000	0.367±0.000	0.108±0.000	0.108±0.000	0.123±0.000	0.240±0.009
Junio/16	0.101±0.008	0.264±0.008	0.125±0.000	0.010±0.000	0.154±0.000	0.068±0.000
Julio/16	0.580±0.751	0.178±0.008	0.388±0.008	0.082±0.000	0.245±0.008	1.667±0.022
Agosto/16	0.176±0.011	0.189±0.000	0.105±0.011	0.501±0.000	0.150±0.000	3.581±0.000
Septiembre/16	0.609±0.011	0.696±0.000	0.250±0.000	0.102±0.000	0.213±0.000	2.396±0.011
Octubre/16	0.504±0.011	0.900±0.000	0.473±0.000	0.139±0.000	0.275±0.011	2.161±0.000
Noviembre/16	0.479±0.011	0.714±0.000	0.343±0.000	0.250±0.000	0.207±0.011	1.141±0.000
Enero/17	0.146±0.000	0.216±0.000	0.373±0.014	<L.D	0.028±0.000	0.875±0.000
Febrero/17	0.047±0.000	0.249±0.055	0.889±0.000	<L.D	0.679±0.000	0.995±0.000
Marzo/17	0.907±0.015	0.030±0.015	0.468±0.000	0.521±0.000	0.968±0.000	0.047±0.000
Abril/17	0.410±0.000	0.093±0.000	1.000±0.000	0.184±0.000	0.524±0.000	0.252±0.000

Estero/Nitratos	U1 Manglar saludable	U2 Granja camaronera	U3 Flota camaronera	U4 Manglar con desechos	U5 Muelle	U6 Puente Jabalines
Febrero.16	10.733±0.471	s/d	6.4±0.0	s/d	6.4±0.0	s/d
Marzo.16	10.400±0.000	s/d	24.733±0.471	s/d	7.067±0.000	s/d
Abril.16	5.067±0.000	4.400±0.000	6.067±0.471	1.733±0.000	3.067±0.000	<L.D
Mayo.16	11.733±0.000	18.400±0.000	1.733±0.000	7.733±0.000	2.400±0.000	7.733±0.000
Junio.16	1.353±0.000	1.368±0.000	1.550±0.000	1.307±0.000	1.307±0.000	1.413±0.000
Julio.16	1.434±0.009	1.261±0.000	1.565±0.000	1.337±0.000	1.337±0.000	2.432±0.000
Agosto.16	1.550±0.000	1.368±0.000	1.282±0.009	1.550±0.000	1.277±0.000	4.017±0.009
Septiembre.16	26.071±0.000	1.071±0.000	<L.D	<L.D	0.357±0.000	87.500±0.000
Octubre.16	21.548±0.412	33.214±0.000	17.976±4.536	<L.D	16.071±0.000	62.500±0.000
Noviembre.16	35.750±0.000	39.000±0.000	5.250±0.000	21.500±0.000	20.250±0.000	52.750±0.000
Enero.17	22.750±0.000	1.500±0.000	67.542±0.361	29.625±0.000	9.417±0.361	20.250±0.000
Febrero.17	<L.D	3.889±0.000	26.852±0.642	<L.D	42.778±0.000	41.296±0.642
Marzo.17	<L.D	<L.D	71.667±0.000	<L.D	36.111±0.000	17.222±0.000
Abril.17	20.444±0.000	3.778±0.000	22.852±0.642	18.222±0.000	13.778±0.000	26.556±0.000

Amonio/estero [N-NH ₄ ⁺ μM]	U1 Manglar saludable	U2 Granja camaronera	U3 Flota camaronera	U4 Manglar con desechos	U5 Muelle	U6 Puente Jabalines
Febrero/16	11.0.11±0.095	s/d	12.869±0.000	s/d	13.689±0.000	s/d
Marzo/16	15.820±0.000	s/d	9.645±0.095	s/d	21.066±0.000	s/d
Abril/16	9.536±0.095	10.574±0.000	14.781±0.095	19.426±0.000	<L.D	21.230±0.000
Mayo/16	15.328±0.284	19.863±0.095	17.568±0.250	24.508±0.000	9.754±0.000	6.421±0.095
Junio/16	19.590±0.284	24.617±0.095	21.120±0.189	3.361±0.000	23.033±0.000	28.060±0.095
Julio/16	4.836±0.000	0.738±0.000	3.197±0.000	2.541±0.000	1.230±0.000	25.984±0.164
Agosto/16	0.464±0.250	1.721±0.000	<L.D	1.885±0.000	0.082±0.000	26.803±0.164
Septiembre/16	4.016±0.000	1.885±0.000	2.486±0.095	0.082±0.000	0.902±0.000	12.650±0.095
Octubre/16	2.650±0.095	5.000±0.000	<L.D	0.137±0.095	0.574±0.000	10.082±0.000
Noviembre/16	10.250±0.000	11.679±0.000	6.857±0.000	4.536±0.000	3.107±0.000	8.464±0.000
Enero/17	1.938±0.000	1.977±0.000	3.246±0.000	2.708±0.000	2.092±0.000	2.054±0.000
Febrero/17	4.127±0.170	8.049±0.170	12.755±0.170	12.951±0.170	11.676±0.000	8.441±0.000
Marzo/17	8.000±0.000	7.667±0.000	15.333±0.000	1.000±0.000	6.000±0.000	3.000±0.000
Abril/17	<L.D	7.000±0.000	17.000±0.000	16.333±0.000	3.000±0.000	5.333±0.000

NID/Estero [NID μM]	U1 Manglar saludable	U2 Granja camaronera	U3 Flota camaronera	U4 Manglar con desechos	U5 Muelle	U6 Puente Jabalines
feb-16	21.8	s/d	19.7	s/d	20.1	s/d
mar-16	26.3	s/d	34.5	s/d	28.4	s/d
abr-16	14.9	14.9	21	21.3	3.2	21.8
may-16	27.2	38.6	19.4	32.3	12.2	14.3
jun-16	21	26.2	22.7	4.6	24.4	29.5
jul-16	6.8	2.1	5.1	3.9	2.8	30
ago-16	2.19	3.2	1.3	3.9	1.5	34.4
sep-16	30.6	3.6	2.7	0.1	1.4	102.5
oct-16	24.7	39.1	18.4	0.2	16.9	74.7
nov-16	46.4	51.3	12.4	26.2	23.5	62.3
ene-17	24.8	3.6	71.1	32.3	11.5	23.1
feb-17	4.1	12.1	40.4	12.9	55.1	50.7
mar-17	8.9	7.6	87.4	1.5	43	20.2
abr-17	20.8	10.8	40.8	34.7	17.3	32.1

Estero/Fosfatos [P-PO4-3 μM]	U1	U2	U3	U4	U5	U6
	Manglar saludable	Granja camaronera	Flota camaronera	Manglar con desechos	Muelle	Puente Jabalines
Febrero/16	1.734±0.000	s/d	4.772±0.000	s/d	1.734±0.000	s/d
Marzo/16	1.819±0.073	s/d	1.692±0.073	s/d	1.861±0.000	s/d
Abril/16	9.911±0.357	1.161±0.000	1.875±0.000	6.250±0.089	1.875±0.000	9.375±0.000
Mayo/16	3.148±0.185	1.358±0.107	1.111±0.000	2.963±0.000	1.728±0.107	5.247±0.283
Junio/16	2.818±0.000	2.818±0.227	1.682±0.000	1.682±0.000	1.682±0.000	4.561±0.131
Julio/16	2.774±0.098	1.305±0.000	1.588±0.098	1.305±0.000	1.757±0.098	6.503±0.098
Agosto/16	1.870±0.000	1.870±0.217	1.725±0.126	3.754±0.126	0.783±0.000	8.536±0.126
Septiembre/16	1.441±0.163	1.207±0.081	0.784±0.081	1.629±0.081	1.113±0.000	3.178±0.081
Octubre/16	1.899±0.126	2.043±0.000	1.029±0.126	0.739±0.000	1.246±0.126	4.362±0.126
Noviembre/16	1.893±0.000	1.774±0.103	1.000±0.000	1.536±0.000	0.643±0.000	4.393±0.000
Enero/17	1.107±0.000	1.107±0.000	0.943±0.000	0.915±0.047	1.407±0.125	1.025±0.000
Febrero/17	0.251±0.036	<L.D.	0.827±0.062	0.045±0.036	0.107±0.036	0.642±0.000
Marzo/17	0.531±0.028	1.728±0.000	1.291±0.000	3.282±0.000	0.353±0.028	0.612±0.000
Abril/17	1.071±0.032	0.472±0.000	0.547±0.065	0.678±0.032	0.472±0.000	0.790±0.032

- Datos de humedales de Isla de la Piedra

Humedales/Nitritos [N-NO2 μM]	H1	H2	H3	H4	Humedales/Nitratos [N-NO3 μM]	H1	H2	H3	H4
	Agua dulce	Estuarino	Agua dulce II	Tular		Agua dulce	Estuarino	Agua dulce II	Tular
Febrero.16	0.155±0.000	0.563±0.000	0.091±0.000	0.078±0.000	Febrero/16	1.733±0.000	7.067±0.000	1.067±0.000	<L.D
Marzo.16	0.065±0.000	0.155±0.000	0.172±0.007	0.282±0.000	Marzo/16	5.733±0.000	5.067±0.000	7.067±0.000	<L.D
Abril.16	0.247±0.000	0.325±0.000	0.072±0.009	<L.D	Abril/16	9.067±0.000	12.400±0.000	1.400±0.471	<L.D
Mayo.16	0.108±0.000	1.333±0.009	0.245±0.000	0.154±0.000	Mayo/16	2.622±0.385	46.622±0.385	7.733±0.000	3.733±0.000
Junio.16	0.484±0.014	0.120±0.008	0.139±0.000	0.197±0.000	Junio/16	1.525±0.009	1.869±0.000	1.535±0.000	2.492±0.000
Julio.16	0.436±0.022	0.302±0.008	0.369±0.050	0.398±0.014	Julio/16	1.545±0.009	1.489±0.000	1.641±0.015	1.454±0.009
Agosto.16	0.228±0.000	0.345±0.000	0.436±0.011	0.254±0.011	Agosto/16	1.337±0.000	1.444±0.000	1.489±0.000	1.550±0.000
Septiembre.16	0.306±0.000	0.139±0.000	0.436±0.000	0.708±0.021	Septiembre/16	2.738±0.412	2.500±0.000	<L.D	2.500±0.000
Octubre.16	0.288±0.000	0.584±0.000	0.374±0.011	0.158±0.000	Octubre/16	31.548±0.412	60.119±0.412	27.024±0.412	16.071±0.000
Noviembre.16	0.034±0.011	0.974±0.000	0.139±0.000	0.436±0.000	Noviembre/16	20.250±0.000	30.250±0.000	17.125±0.000	17.125±0.000
Enero.17	0.358±0.000	0.687±0.000	0.499±0.000	0.028±0.000	Enero/17	32.125±0.000	21.500±0.000	21.292±0.361	5.875±0.000
Febrero.17	0.267±0.015	0.258±0.000	0.363±0.000	0.337±0.000	Febrero/17	14.259±0.642	6.111±0.000	20.185±0.642	8.704±0.642
Marzo.17	0.135±0.015	0.416±0.000	0.547±0.000	0.232±0.000	Marzo/17	1.667±0.000	27.593±0.642	18.333±0.000	1.667±0.000
Abril.17	0.229±0.000	0.388±0.000	1.952±0.000	0.418±0.013	Abril/17	77.111±0.000	47.111±0.000	59.333±0.000	83.222±0.000

Humedal/Amonio [N-NH4+ μ M]	H1	H2	H3	H4
	Agua dulce	Estuarino	Agua dulce II	Tular
Febrero/16	5.000±0.000	11.230±0.000	5.656±0.000	6.967±0.000
Marzo/16	9.262±0.000	23.033±0.000	7.131±0.000	26.311±0.000
Abril/16	11.503±0.095	4.180±0.000	12.760±0.189	4.781±0.095
Mayo/16	16.967±0.164	20.082±0.284	4.672±0.000	12.322±0.095
Junio/16	6.311±0.000	2.869±0.000	26.913±0.379	13.962±0.189
Julio/16	20.191±0.250	0.082±0.000	1.721±0.000	0.519±0.095
Agosto/16	10.355±0.095	1.885±0.000	<L.D	<L.D
Septiembre/16	1.721±0.000	2.541±0.000	0.246±0.000	0.574±0.000
Octubre/16	27.131±0.164	3.361±0.000	<L.D	<L.D
Noviembre/16	0.607±0.000	0.607±0.000	1.143±0.000	0.607±0.000
Enero/17	1.400±0.000	2.092±0.000	1.849±0.022	1.708±0.000
Febrero/17	22.951±0.170	8.245±0.340	7.363±0.170	9.225±0.170
Marzo/17	2.667±0.000	2.667±0.000	4.667±0.000	1.333±0.000
Abril/17	3.333±0.000	8.333±0.000	6.333±0.000	1.667±0.000

NID/Humedales [NID μ M]	H1	H2	H3	H4
	Agua dulce	Estuarino	Agua dulce II	Tular
Feb.16	6.888	18.86	6.814	7.045
Mar.16	15.06	28.255	14.37	26.593
Abr.16	20.817	16.905	14.232	4.781
May.16	19.697	68.037	12.65	16.209
Jun.16	8.32	4.858	28.587	16.651
Jul.16	22.172	1.873	3.731	2.371
Ago.16	11.92	3.674	1.925	1.804
Sep.16	4.765	5.18	0.682	3.782
Oct.16	58.967	64.064	27.398	16.229
Nov.16	20.891	31.831	18.407	18.168
Ene.17	33.883	24.279	23.639	7.611
Feb.17	37.477	14.614	27.911	18.266
Mar.17	4.469	30.668	23.541	3.229
Abr.17	80.67	55.829	67.616	85.3

Humedales/Fosfatos [PO4-3 μ M]	Agua dulce	Estuarino	Agua dulce	Tular
	Febrero/16	4.519±0.000	13.633±0.000	1.608±0.000
Marzo/16	1.101±0.000	1.397±0.073	0.101±0.000	1.945±0.146
Abril/16	1.875±0.000	4.286±0.089	8.036±0.089	1.696±0.000
Mayo/16	2.407±0.000	16.296±0.185	2.037±0.000	1.296±0.000
Junio/16	3.500±0.000	4.106±0.131	3.045±0.000	6.227±0.227
Julio/16	4.469±0.098	1.475±0.000	4.469±0.098	4.695±0.000
Agosto/16	3.101±0.251	2.377±0.126	1.217±0.000	2.304±0.000
Septiembre/16	3.413±0.407	0.690±0.000	0.831±0.000	1.770±0.081
Octubre/16	7.188±0.332	2.478±0.000	1.174±0.000	1.174±0.000
Noviembre/16	7.845±0.372	4.095±0.206	1.119±0.103	3.321±0.000
Enero/17	3.566±0.082	0.915±0.047	1.598±0.142	3.730±0.082
Febrero/17	1.053±0.094	0.148±0.000	0.642±0.062	2.185±0.062
Marzo/17	0.951±0.000	0.903±0.000	1.777±0.000	0.466±0.000
Abril/17	1.090±0.000	0.697±0.000	6.464±0.032	4.311±0.259

ANEXO III: Parámetros Físicoquímicos

- Estero de Urías

<i>U1 - Manglar saludable</i>	<i>Temperatura °C</i>	<i>Salinidad</i>
<i>Feb.16</i>	27	37
<i>Mar.16</i>	25.8	37
<i>Abr.16</i>	26.8	36
<i>May.16</i>	29.6	38
<i>Jun.16</i>	36	44
<i>Jul.16</i>	30.6	38
<i>Ago.16</i>	28.2	30
<i>Sep.16</i>	32	33
<i>Oct.16</i>	31.5	29
<i>Nov.16</i>	28.1	36
<i>Ene.17</i>	21.2	34
<i>Feb.17</i>	23.6	33
<i>Mar.17</i>	26.2	35
<i>Abr.17</i>	27.5	35

<i>U3 - Flota camaronera</i>	<i>Temperatura °C</i>	<i>Salinidad</i>
<i>Feb.16</i>	26.1	37
<i>Mar.16</i>	27.1	36
<i>Abr.16</i>	27	37
<i>May.16</i>	27.9	35
<i>Jun.16</i>	32	35
<i>Jul.16</i>	32.3	34
<i>Ago.16</i>	28.3	34
<i>Sep.16</i>	31.8	33
<i>Oct.16</i>	30.1	35
<i>Nov.16</i>	28.7	30
<i>Ene.17</i>	22.9	34
<i>Feb.17</i>	23.6	33
<i>Mar.17</i>	26.8	35
<i>Abr.17</i>	28.6	35

<i>U2 - Granja camaronera</i>	<i>Temperatura °C</i>	<i>Salinidad</i>
<i>Abr.16</i>	27.5	35
<i>May.16</i>	30.9	36
<i>Jun.16</i>	32.3	34
<i>Jul.16</i>	32.3	34
<i>Ago.16</i>	30.2	32
<i>Sep.16</i>	32.5	33
<i>Oct.16</i>	31.1	31
<i>Nov.16</i>	29.2	35
<i>Ene.17</i>	22.5	35
<i>Feb.17</i>	24.3	35
<i>Mar.17</i>	25.8	35
<i>Abr.17</i>	28.4	34

<i>U4 - Manglar con desechos</i>	<i>Temperatura °C</i>	<i>Salinidad</i>
<i>Abr.16</i>	30.4	33
<i>May.16</i>	31	35
<i>Jun.16</i>	32.3	34
<i>Jul.16</i>	32.3	34
<i>Ago.16</i>	29.6	35
<i>Sep.16</i>	32.1	35
<i>Oct.16</i>	30.1	32
<i>Nov.16</i>	29.1	31
<i>Ene.17</i>	22.6	34
<i>Feb.17</i>	25.5	26
<i>Mar.17</i>	25.8	34
<i>Abr.17</i>	28.5	35

<i>U5 - Muelle</i>	<i>Temperatura °C</i>	<i>Salinidad</i>
<i>Ene.16</i>	26.1	35
<i>Mar.16</i>	27.5	35
<i>Abr.16</i>	27	37
<i>May.16</i>	27.9	35
<i>Jun.16</i>	32.3	34
<i>Jul.16</i>	32.3	34
<i>Ago.16</i>	29.6	35
<i>Sep.16</i>	31.8	33
<i>Oct.16</i>	30.1	33
<i>Nov.16</i>	28.7	35
<i>Ene.17</i>	22.6	34
<i>Feb.17</i>	25.5	35
<i>Mar.17</i>	26.8	35
<i>Abr.17</i>	28.6	34

<i>U6 - Puente Jabalines</i>	<i>Salinidad</i>
<i>Abr.16</i>	33
<i>May.16</i>	35
<i>Jun.16</i>	34
<i>Jul.16</i>	35
<i>Ago.16</i>	21
<i>Sep.16</i>	32
<i>Oct.16</i>	30
<i>Nov.16</i>	31
<i>Ene.17</i>	22
<i>Feb.17</i>	22
<i>Mar.17</i>	33
<i>Abr.17</i>	34

- Humedales de Isla de la Piedra

<i>H1</i>	<i>Temperatura °C</i>	<i>Salinidad</i>
<i>Humedal gua dulce</i>		
<i>Feb.16</i>	27.1	0
<i>Mar.16</i>	25.8	0
<i>Abr.16</i>	27.7	2
<i>May.16</i>	28.8	1
<i>Jun.16</i>	29.5	1
<i>Jul.16</i>	32.5	1
<i>Ago.16</i>	27.6	2
<i>Sep.16</i>	30	1
<i>Oct.16</i>	29	1
<i>Nov.16</i>	27.4	0
<i>Ene.17</i>	21.1	2
<i>Feb.17</i>	22.6	1
<i>Mar.17</i>	24.5	1
<i>Abr.17</i>	26.2	2

<i>H3</i>	<i>Temperatura °C</i>	<i>Salinidad</i>
<i>Humedal agua dulce II</i>		
<i>Feb.16</i>	25.8	5
<i>Mar.16</i>	27.3	5
<i>Abr.16</i>	27.7	8
<i>May.16</i>	30	8
<i>Jun.16</i>	33.4	5
<i>Jul.16</i>	31.5	3
<i>Ago.16</i>	27.5	1
<i>Sep.16</i>	30.3	5
<i>Oct.16</i>	29	0
<i>Nov.16</i>	27.4	0
<i>Ene.17</i>	21.6	5
<i>Feb.17</i>	22.8	5
<i>Mar.17</i>	26.2	5
<i>Abr.17</i>	27.8	8

<i>H2</i>	<i>Temperatura °C</i>	<i>Salinidad</i>
<i>Humedal estuarino</i>		
<i>Feb.16</i>	26.8	6
<i>Mar.16</i>	26.8	4
<i>Abr.16</i>	28.7	7
<i>May.16</i>	25.9	4
<i>Jun.16</i>	30.5	5
<i>Jul.16</i>	30.8	3
<i>Ago.16</i>	29.2	4
<i>Sep.16</i>	31.5	4
<i>Oct.16</i>	29	0
<i>Nov.16</i>	27.2	0
<i>Ene.17</i>	20.7	5
<i>Feb.17</i>	22.1	4
<i>Mar.17</i>	25.6	3
<i>Abr.17</i>	27.9	3

<i>H4</i>	<i>Temperatura °C</i>	<i>Salinidad</i>
<i>Humedal tular</i>		
<i>Feb.16</i>	25.2	3
<i>Mar.16</i>	25.4	3
<i>Abr.16</i>	25.1	4
<i>May.16</i>	29.6	3
<i>Jun.16</i>	32.3	3
<i>Jul.16</i>	32	2
<i>Ago.16</i>	27.7	2
<i>Sep.16</i>	31.3	2
<i>Oct.16</i>	28	0
<i>Nov.16</i>	27.3	0
<i>Ene.17</i>	22	0
<i>Feb.17</i>	22.8	3
<i>Mar.17</i>	26.4	0
<i>Abr.17</i>	27.9	2

ANEXO IV: Datos Hojarasca

<i>Días de diferencia</i>	<i>Fecha de colecta</i>	<i>2016</i>	<i>C1</i>	<i>C2</i>	<i>C3</i>	<i>C4</i>	<i>C5</i>	<i>C6</i>	<i>C7</i>	<i>C8</i>	<i>C9</i>	<i>C10</i>	<i>Promedio canastas (m2/tiempo)</i>	<i>Desvest de canastas</i>
42	20	Feb.16	68	49.2	24	45.6	34.8	21.2	19.2	14.8	50	47.2	37.4	17.28
33	22	Mar.16	82.4	83.2	51.2	101.6	41.2	44	31.6	60	86.8	132.8	71.48	31.56
25	18	Abr.16	97.6	87.6	70.8	52.8	44.4	68.8	39.2	40.4	114	82.4	69.8	25.69
34	21	May.16	96.4	110.8	76	79.2	84.8	84.4	66.8	81.2	130	111.2	92.08	19.63
28	19	Jun.16	91.2	87.6	41.2	59.6	71.6	76	68.8	51.6	81.6	44.8	67.4	17.57
35	23	Jul.16*				96.8		26.4	77.6			48.4	62.3	31.13
34	27	Ago.16	42.8	45.6	32.8	33.2	85.2	149.2	102.4		35.2	68	66.04	39.84
32	29	Sep.16	70.8	42.8	96.8	74	73.6	111.2	50		13.6	34	62.98	30.86
22	20	Oct.16	48.8	67.2	196.8	43.2	76	81.6	58.8		33.6	37.2	71.47	49.91
30	20	Nov.16	109.2	97.6	107.2	36.4	75.6	51.2	125.2		68.8	78.4	83.29	29.00
29	18	Ene.17	0	0	24	33.2	52.8	39.6	45.6		17.2	56.4	29.87	21.10
63	20	Feb.17	73.2	60	112.8	104	102.8	26.8	49.2		60.8	56.8	71.82	28.94
28	17	Mar.17	32.4	24.8	64	22.8	53.2	20	20		16.8	36.8	32.31	16.40
33	22	Abr.17	44.4	58.8	54.4	44	70.4	89.6	63.6		39.6	68.8	59.29	15.88

ANEXO V: Tablas de mareas

