



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE BOCA DEL RÍO
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

“CARACTERIZACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL ESTUARIO ARROYO MORENO, BOCA DEL RÍO, VERACRUZ”

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN
CIENCIAS EN INGENIERÍA AMBIENTAL

PRESENTA

I.Q. MARÍA FERNANDA RIVERA LÓPEZ

DIRECTOR DE TESIS

DR. JESÚS MONTOYA MENDOZA

CODIRECTOR DE TESIS

DR. SERGIO CHÁZARO OLVERA

ASESORES

DRA. FABIOLA LANGO REYNOSO

DRA. ROSA ELENA ZAMUDIO ALEMÁN

OCTUBRE 2023

BOCA DEL RÍO, VERACRUZ, MÉXICO



2023
AÑO DE
**Francisco
VILLA**
EL REVOLUCIONARIO DEL PUEBLO

Boca del Río, Ver **9/OCTUBRE/2023**

ASUNTO: AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

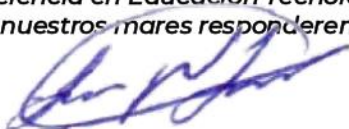
**RIVERA LÓPEZ MARÍA FERNANDA
PASANTE DEL PROGRAMA MAESTRÍA EN
CIENCIAS EN INGENIERIA AMBIENTAL
PRESENTE**

De acuerdo con el fallo emitido por los integrantes del Comité Revisor de la TESIS PARA OBTENCIÓN DE GRADO, desarrollada por usted cuyo título es:

**“CARACTERIZACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS
DEL ESTUARIO ARROYO MORENO, BOCA DEL RÍO, VERACRUZ”**

Esta División de Estudios de Posgrado e Investigación le concede **AUTORIZACIÓN** para que proceda a su impresión.

ATENTAMENTE
*Excelencia en Educación Tecnológica®
Por nuestros mares responderemos*



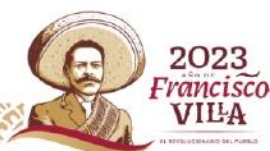
**DR. JUAN DAVID GARAY MARIN
JEFE DE LA DIVISION DE ESTUDIOS DE
POSGRADO E INVESTIGACIÓN**



c.c.p. Coordinación del Programa MCIA
c.c.p. Expediente



Km. 12 Carretera Veracruz-Córdoba, Boca del Río, Ver. C.P. 94290.
Tel. (229) 690 5010 ext. 113 depi_bdelrio@tecnm.mx | tecnm.mx | bdelrio.tecnm.mx





ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

Número Registro: **A-01416-170122**

En la ciudad de Boca del Río, Ver., siendo las 10:00 horas del día 10 del mes de octubre de 2023 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Consejo del Posgrado de la Maestría en Ciencias en Ambiental del ITBOCA, para examinar la Tesis de Grado titulada:

“CARACTERIZACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL ESTUARIO ARROYO MORENO, BOCA DEL RÍO, VERACRUZ”

Que presenta el (la) alumno(a):

RIVERA LÓPEZ MARÍA FERNANDA

Aspirante al Grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN INGENIERIA AMBIENTAL

Después de escuchar las opiniones sobre el documento escrito e intercambiar puntos de vista, los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACIÓN**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes para su defensa ante el jurado correspondiente.

LA COMISIÓN REVISORA:

DR. JESÚS MONTOYA MENDOZA
Director

DR. SERGIO CHÁZARO OLVERA
Co-Director

DRA. FABIOLA LANGO REYNOSO
Asesor

DRA. ROSA ZAMUDIO ALEMÁN
Asesor





Boca del Río, Ver., **10/OCTUBRE/2023**
Asunto: **CONSTANCIA DE
NO INCONVENIENCIA**

ING. VICTOR HUGO MUÑOZ ROBLEDO
JEFE DEL DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
Presente.

AT´N.LIC. SONIA CONCEPCIÓN SOLÍS SOLÍS
GESTOR DE TITULACIÓN
Presente.

Por medio del presente, me permito hacer constar que el(a) candidato(a) a Maestro en Ciencias en Ingeniería Ambiental **C. RIVERA LÓPEZ MARÍA FERNANDA**, de la generación septiembre 2021 – junio 2023 con número de control **21990903**, cumplió con todos los requisitos para su liberación como tesista, mismos que incluyen la presentación del manuscrito final de tesis autorizado por su director de tesis **DR. JESÚS MONTOYA MENDOZA** y el envío del artículo derivado de su tesis de grado a una revista indexada.

Por lo anterior no tengo inconveniente en que realice los trámites correspondientes para el acto recepcional para la obtención del grado de Maestro en Ciencias, en la fecha y hora que defina el candidato con su Director de tesis.

Sin otro particular y para los fines legales que corresponda, quedo de usted.

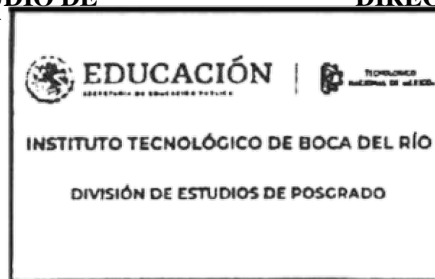
A T E N T A M E N T E
Excelencia en Educación Tecnológica®
Por nuestros mares responderemos

Vo.Bo.

DR. JUAN DAVID GARAY MARIN
JEFE DE LA DIVISION DE ESTUDIO DE
POSGRADO E INVESTIGACION

DR. JESÚS MONTOYA MENDOZA
DIRECTOR DE TESIS

c.c.p. Coordinador de MCIA
c.c.p. Expediente





Boca del Río, Veracruz, **17/octubre/2023**

Asunto: **CESION DE DERECHOS Y NO PLAGIO**

H. CONSEJO DE POSGRADO

**PROGRAMA DE POSGRADO MAESTRIA EN CIENCIAS EN INGENIERIA AMBIENTAL
TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO/ INSTITUTO TECNOLÓGICO DE BOCA DEL RÍO
PRESENTE**

En la Ciudad de Veracruz, Veracruz a los 17 días del mes octubre de 2023 . El que suscribe Rivera López María Fernanda por mi propio derecho y en calidad de autor de la tesis titulada: " Caracterización Espacio-Temporal de los Parámetros Físico-Químicos del Estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz" (en lo sucesivo la "TESIS") manifiesto que cedo a título gratuito la totalidad de los derechos patrimoniales de autor que sobre ella me corresponden, a favor del Tecnológico Nacional de México (en lo sucesivo el "TecNM"). Lo anterior en términos de los antecedentes y consideraciones siguientes:

- I. Que la presente cesión de derechos de la "TESIS" se transfiera en virtud de lo estipulado en los establecido en los Lineamientos para la Operación de los Estudios de Posgrado en el Tecnológico Nacional de México, sin reservarme acción legal de ningún tipo.
- II. Manifiesto bajo protesta de decir verdad, que la "TESIS" es original, inédita y propia, no existiendo impedimento de ninguna naturaleza para la cesión de derechos que se está haciendo, respondiendo además por cualquier acción de reivindicación, plagio u otra clase de reclamación que al respecto pudiera sobrevenir.
- III. Que la titularidad de derechos de autor de la "TESIS" en términos del artículo 27 de la Ley Federal del Derecho de Autor (reproducción, en todas sus modalidades, transformación o adaptación, comunicación pública, distribución y en general cualquier tipo de explotación que de la "TESIS" se pueda realizar por cualquier medio conocido o por conocer, son propiedad única y exclusiva del "TecNM", adquiriendo el derecho de reproducción en todas sus modalidades, el derecho de transformación o adaptación, comunicación pública, distribución y en general cualquier tipo de uso que de la "TESIS" se pueda realizar por cualquier medio conocido o por conocer. La cesión de derechos se realiza con carácter permanente e irrevocable.
- IV. El TecNM podrá exhibir la "TESIS" a través de cualquier medio, en cualquier parte del mundo, incluso ser modificada, comprendida, traducida y de cualquier forma explotada en su totalidad o parcialidad.
- V. Que no he otorgado, ni otorgaré por ningún motivo, consentimiento alguno para la utilización de la "TESIS" por cualquier medio y su materialización en productos o servicios de cualquier naturaleza, a favor de ninguna persona física o moral, distinta a el "TecNM".





VI. Estoy enterado del contenido y alcance legal de la presente cesión de derechos, firmando al final del presente documento para su certificación.

Señalo como correo electrónico para recibir futuras notificaciones: mariafernanda.rl@hotmail.com.

Agradeciendo de antemano sus atenciones, le envío un cordial saludo

ATENTAMENTE

RIVERA LÓPEZ MARÍA FERNANDA

NOMBRE Y FIRMA DEL ESTUDIANTE DE MAESTRIA

c.c.p. Archivo



*“El agua es el elemento y
principio de las cosas”.*

- Tales de Mileto

Dedicatoria

A quienes me inspiraron,
a quienes me ayudaron a llegar donde he llegado,
mis padres y mi hermano, mis héroes.

Agradecimientos

A Dios, por brindarme la oportunidad de tener una familia maravillosa que me ha apoyado incondicionalmente estando a mi lado en todo momento, a la cual nunca podré pagarle en la corta o larga vida que me brinde. Y porque sin él nada de esto sería posible.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca que me fue otorgada para la realización de mis estudios de maestría.

Al Instituto Tecnológico de Boca del Río, por permitirme estudiar el posgrado de la maestría en Ciencias de la Ingeniería Ambiental en sus instalaciones.

A mi director de tesis el Dr. Jesús Montoya Mendoza, por asesorarme, por tenerme paciencia, por el interés y el apoyo brindado durante en el proceso del proyecto y la realización de la tesis.

A mi codirector de tesis el Dr. Sergio Cházaro Olvera, por su asesoramiento, por su paciencia, por su interés y apoyo brindado a la distancia en todo el proceso de la realización de la tesis.

A mis asesoras de tesis, las Dras. Fabiola Lango Reynoso y Rosa Elena Zamudio Alemán, por sus observaciones, correcciones y asesoramiento durante la revisión de tesis, siempre amables y con una sonrisa en sus rostros.

A mis profesores, a cada uno de ellos por platicarme sus experiencias, por compartirme su conocimiento, por su paciencia para explicarme las bases fundamentales de la maestría.

A mis papás, por brindarme lo mejor de sí e impulsarme a lograr las metas y objetivos que siempre me propongo. Por ser los principales motores de mis sueños, por siempre confiar y creer en mí. Por su cariño, consejos y amor incondicional brindado a mí y a mi hermano.

Mi papá, Juan José Rivera Macías (+). Gracias porque fuiste de esa clase de personas que todo lo comprende y que dio lo mejor de sí mismo sin esperar nada a cambio. Porque supiste escuchar y brindar ayuda cuando fue necesario. Porque te ganaste el cariño, admiración y respeto de todo el que te conoció. Porque desde el cielo me brindas luz y fuerzas para seguir adelante y así cumplir su mayor deseo era tener una hija profesional. Gracias por todo lo que hemos logrado.

Mi madre, María Reyna López García. Gracias por siempre acompañarme en cada una de las agotadoras y largas noches de estudio, por su compañía que era para mí como agua en el desierto; por siempre desear lo mejor para mí y luchar para que lo tuviera, gracias por cada palmada en la espalda y por cada palabra de aliento que fueron mi guía en el transcurso de la maestría, y de mi vida.

A mi hermano Juan Jesús, por ser mi compañero de vida todo este tiempo, por compartir tantos momentos juntos, pero sobre todo por apoyarme siempre en los momentos buenos y malos, por reír conmigo y nunca dejarme sola.

A Dylan Eduardo, por su amor y fiel compañía, por impulsarme todos los días y recordarme que yo podía, por confiar en mis capacidades para lograr lo que me proponga, a sus palabras de amor y afirmación constantes.

A mis amigos, Karla, Gisela, Grissel, Siuly, Uriel y David. Por enseñarme el valor de la confianza, y la amistad, por darme momentos que sin duda jamás olvidaré, por el gran apoyo que fueron para mí durante el transcurso de la maestría. Sin duda alguna fue increíble haberlos conocido.

A todos ellos les agradezco el apoyo brindado en esta etapa de mi vida.

Resumen

CARACTERIZACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL ESTUARIO ARROYO MORENO, BOCA DEL RÍO, VERACRUZ

El aumento de la urbanización en la zona del puerto de Veracruz, ha causado cambios en los hábitats naturales donde los parámetros físico-químicos de estos cuerpos de agua se han visto alterados afectando fauna y flora acuática. El presente estudio analiza los parámetros físico-químicos del estuario Arroyo Moreno y su variación por temporada climática y transcurso del arroyo. Se registraron parámetros físico-químicos (temperatura, °C, salinidad, ups, oxígeno disuelto, mg/L, pH, sólidos disueltos totales, ppm y densidad, g/cm³) en 6 sitios de muestreos, datos barométricos y descargas de afluentes urbanos. Se realizaron muestreos en la temporada de nortes, secas y lluvias en el 2022. Las mediciones fueron *in situ* y se consideraron tres estratos (superficie, medio y fondo), las mediciones se realizaron con un multiparamétrico Hanna HI9828 previamente calibrado, se analizaron de datos de los parámetros físico-químicos por estación, estrato y temporada climática. Los registros promedio general de oxígeno y salinidad mostraron los mayores contrastes. Oxígeno 3.88 mg/L (máximo 8.13 mg/L, nortes/5/estrato medio; mínimo 0 mg/L, secas/1/estrato medio). Salinidad 16.13 ups (máximo 32.63 ups, secas/5/fondo; mínimo 0.11, lluvias/5/medio y fondo). Con base en los registros el Arroyo Moreno del Municipio Boca del Río, es un estuario con temperatura de acuerdo a las temporadas climáticas, ligeramente alcalino, concentración de oxígeno contrastantes y con clara variación de la salinidad por temporada y sitio y que se modifican por el efecto de las descargas artificiales; de la planta termoeléctrica de Dos Bocas, Zamorana y Dren B.

Palabras clave: Salinidad, oxígeno, temperatura, descargas urbanas, Arroyo Moreno.

Abstract

SPATIAL-TEMPORAL CHARACTERIZATION OF THE PHYSICAL-CHEMICAL PARAMETERS OF THE ARROYO MORENO ESTUARY, BOCA DEL RÍO, VERACRUZ

The increase in urbanization in the area of the port of Veracruz has caused changes in the natural habitats where the physical-chemicals parameters from these bodies of water have been altered affecting aquatic fauna and flora. The present study analyzes the physical-chemical parameters of the Arroyo Moreno estuary and its variation by climatic season and course of the stream. Physical-chemical parameters (temperature, °C, salinity, ups, dissolved oxygen, mg/L, pH, total dissolved solids, ppm and density, g/cm³) were recorded at 6 sampling sites, barometric data and discharges from urban tributaries. Samples were taken in the northern, dry and rainy season in 2022. The measurements were in situ and three strata (surface, middle and bottom) were considered, the measurements were made with a previously calibrated Hanna HI9828 multiparameter, and the physico-chemical parameters were analyzed by station, stratum and climatic season. The overall average oxygen and salinity records showed the highest contrasts. Oxygen 3.88 mg/L (maximum 8.13 mg/L, northern/5/medium stratum; minimum 0 mg/L, dry/1/medium stratum). Salinity 16.13 ups (maximum 32.63 ups, dry/5/bottom; minimum 0.11, rains/5/middle and bottom). Based on the records the Arroyo Moreno of the Boca del Río Municipality, is an estuary with temperature according to the climatic seasons, slightly alkaline, concentration of oxygen contrasting and with clear variation of salinity by season and site and modified by the effect of artificial discharges; of the thermal power plant of Dos Bocas, Zamorana and Dren B.

Keywords: Salinity, oxygen, temperature, urban discharges, Arroyo Moreno.

Índice

Agradecimientos.....	ii
Resumen.....	v
Abstract.....	vi
Índice de figuras.....	ix
Índice de tablas.....	xi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES.....	4
2.1. Estuarios.....	4
2.2. Estuarios en Veracruz.....	5
2.3. Estuario Arroyo Moreno.....	8
2.3.1. Clima.....	10
2.4. Calidad del Agua.....	12
2.5. Parámetros Físicos del Agua.....	13
2.5.1. Temperatura.....	13
2.5.2. Sólidos Disueltos Totales.....	14
2.5.3. Densidad.....	14
2.6. Parámetros Químicos del Agua.....	15
2.6.1. Oxígeno disuelto.....	15
2.6.2. pH.....	16
2.6.3. Salinidad.....	16
3. JUSTIFICACIÓN.....	17
4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	19
4.1. Pregunta de investigación.....	19
5. HIPÓTESIS.....	19
6. OBJETIVOS.....	20
6.1. Objetivo General.....	20
6.2. Objetivos Particulares.....	20
7. MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
7.1. Área de Estudio.....	21
7.2. Materiales y Métodos.....	22
7.2.1. Trabajo de campo.....	22
7.2.2. Análisis de datos.....	31

8. RESULTADOS.....	33
9. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	38
10. CONCLUSIONES.....	44
11. LITERATURA CITADA.....	45
Anexos.....	52

Índice de figuras

Figura 1. Localización de la Reserva Natural Estatal Arroyo Moreno en el municipio Boca del Río, Veracruz.....	21
Figura 2. Toma de parámetros físico-químicos <i>in situ</i> con sonda del multiparámetro Hanna HI 9828 en el estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.	23
Figura 3. Lectura de los parámetros físico-químicos mediante multiparámetro Hanna HI 9828.	23
Figura 4. Recorrido en lancha con motor fuera de borda.	24
Figura 5. Estaciones de muestreo a lo largo del estuario Arroyo Moreno y afluentes urbanos ubicados en el estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.	25
Figura 6. Afluente urbano nombrado Descargas Urbanas en estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.	26
Figura 7. Dren B en estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.	27
Figura 8. Dren La Palapa en estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.....	28
Figura 9. Canal La Zamorana en estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.	29
Figura 10. Planta Termoeléctrica Dos Bocas en estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.	30
Figura 11. Puente Arroyo Moreno en estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.....	31
Figura 12a. Variación del oxígeno disuelto en el estrato superficie de la columna de agua, meses y estaciones de muestreo estudiados en el estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz...	52
Figura 12b. Variación del oxígeno disuelto en el estrato medio de la columna de agua, meses y estaciones de muestreo estudiados en el estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.....	52
Figura 12c. Variación del oxígeno disuelto en el estrato fondo de la columna de agua, meses y estaciones de muestreo estudiados en el estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.....	52
Figura 13a. Variación de la temperatura en el estrato superficie de la columna de agua, meses y estaciones de muestreo estudiados en el estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.....	53
Figura 13b. Variación la temperatura en el estrato medio de la columna de agua, meses y estaciones de muestreo estudiados en el estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.....	53

Figura 13c. Variación de la temperatura en el estrato fondo de la columna de agua, meses y estaciones de muestreo estudiados en el estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.....	53
Figura 14a. Variación de los sólidos disueltos totales en el estrato superficie de la columna de agua, meses y estaciones de muestreo estudiados en el estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.....	54
Figura 14b. Variación de los sólidos disueltos totales en el estrato medio de la columna de agua, meses y estaciones de muestreo estudiados en el estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.....	54
Figura 14c. Variación de los sólidos disueltos totales en el estrato fondo de la columna de agua, meses y estaciones de muestreo estudiados en el estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.....	54
Figura 15a. Variación de la salinidad en el estrato superficie de la columna de agua, meses y estaciones de muestreo estudiados en el estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.....	55
Figura 15b. Variación de la salinidad en el estrato medio de la columna de agua, meses y estaciones de muestreo estudiados en el estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.....	55
Figura 15c. Variación de la salinidad en el estrato fondo de la columna de agua, meses y estaciones de muestreo estudiados en el estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.....	55
Figura 16a. Variación de la densidad en el estrato superficie de la columna de agua, meses y estaciones de muestreo estudiados en el estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.....	56
Figura 16b. Variación de la densidad en el estrato medio de la columna de agua, meses y estaciones de muestreo estudiados en el estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.....	56
Figura 16c. Variación de la densidad en el estrato fondo de la columna de agua, meses y estaciones de muestreo estudiados en el estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.....	56
Figura 17a. Variación del pH en el estrato superficie de la columna de agua, meses y estaciones de muestreo estudiados en el estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.	57
Figura 17b. Variación del pH en el estrato medio de la columna de agua, meses y estaciones de muestreo estudiados en el estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.	57
Figura 17c. Variación del pH en el estrato fondo de la columna de agua, meses y estaciones de muestreo estudiados en el estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.	57

Índice de tablas

Tabla 1. Características físicas, químicas y biológicas de las lagunas costeras del estado de Veracruz.....	6
Tabla 2. Valores generales de los parámetros físico-químicos del estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.....	33
Tabla 3. Valores estadísticos de los parámetros físico-químicos del estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.....	34
Tabla 4. Valores generales (M ± SD) del mes de febrero del 2022 de los parámetros físico-químicos del estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.	36
Tabla 5. Valores generales (M ± SD) del mes de mayo del 2022 de los parámetros físico-químicos del estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.	37
Tabla 6. Valores generales (M ± SD) del mes de julio del 2022 de los parámetros físico-químicos del estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.	37
Tabla 7. Valores generales (M ± SD) del mes de octubre del 2022 de los parámetros físico-químicos del estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.	37

1. INTRODUCCIÓN

Las zonas costeras representan el límite entre la tierra y el mar; donde el uso de la tierra y las características ambientales afectan directa e inversamente el estado de la vida marina y terrestre. Son un área con gran actividad biogeoquímica, sin embargo, tienen poca capacidad para resistir los cambios de origen antropogénico y los fuertes procesos que ocurren (Gómez-Erache et al., 2008). Son zonas de gran diversidad biológica, cuentan con grandes interrelaciones entre los ecosistemas terrestres y marinos, donde sus fronteras son difusas y presentan gradientes marcados en cuanto a los parámetros físico-químicos de los cuerpos de agua y algunos factores ambientales (Pérez-Ruíz et al., 2011).

El sistema lagunar de Alvarado, Veracruz es una de las zonas costeras más importantes ubicado en el Golfo de México, en el año 2012 se registraron valores de los parámetros físico-químicos (temperatura, °C, profundidad, cm, transparencia, cm, salinidad, ‰, oxígeno disuelto, mg/L) de dicho cuerpo de agua. Los registros promedio general fueron los siguientes: temperatura 25.8 °C, profundidad 138.7 cm, transparencia 75.8 cm, salinidad 7.0‰ y oxígeno disuelto 8.2 mg/L (Franco-López, 2017).

Se denomina estuario a la descarga de los ríos directamente hacia el mar. Según Pritchard, (1967) se definen hidrodinámicamente como cuerpos de agua ubicados en la costa, son semicerrados con una conexión libre al mar. Dentro del estuario el agua proveniente del mar se diluye con el agua dulce proveniente del drenaje terrestre. Los estuarios se distinguen por su alta productividad e importancia ecológica en términos de servicios ecosistémicos, especialmente para la actividad pesquera (Potter et al., 2015).

Los ecosistemas costeros han jugado un papel histórico y cultural importante en el crecimiento y sustento del mundo, y el estado de Veracruz es rico en abundancia y territorio de los mismos. En estos ecosistemas se encuentran los estuarios presentes en el estado, por ejemplo, los presentes en las costas de Tuxpan, la ciudad de Veracruz y Antón Lizardo (Ortiz-Lozano et al., 2010).

La cuenca del río Papaloapan es muy importante para el país debido a su caudal, sus grandes humedales y la biodiversidad presente en él. Cuenta con un área aproximadamente de 47,517 km², comprende el área de los estados de Puebla, Oaxaca y Veracruz (Miranda-Vidal et al., 2016).

En tanto, Miranda-Vidal et al. (2016) registraron valores físico-químicos (temperatura, °C, pH, oxígeno disuelto, mg/l, conductividad, mS/cm, sólidos disueltos totales, mg/l y transparencia (m) de la cuenca baja del río Papaloapan, durante la época de secas y lluvias. Los valores registrados fueron los siguientes: La temperatura máxima se presentó en la época de secas (28.4 °C) y la mínima se presentó en la época de lluvia (27.6 °C). El pH se registró en un rango de 7.0 – 7.7. El oxígeno disuelto presentó mayor concentración en la época de secas (7.2 mg/l) y la concentración mínima en la época de lluvias (4.3 mg/l). Los sólidos disueltos totales presentaron mayor elevación en la época de secas (436.6 mg/l) y el valor mínimo se presentó en la época de lluvias (108.2 mg/l). Se encontró mayor transparencia en la época seca (0.8 m) y menor transparencia en la época de lluvias (0.6 m).

El desarrollo humano moderno ha llevado a la contaminación parcial o total de los cuerpos de agua. La Organización Mundial de la Salud (OMS) contempla que el agua se encuentra contaminada cuando su forma o naturaleza ha cambiado de tal manera que ya no es apta para su uso. El agua contaminada sufre cambios en sus parámetros físicos (temperatura, color, densidad, suspensión, radiactividad, etc.), parámetros químicos (sustancias disueltas, composición, etc.) o parámetros biológicos (García-Rodríguez, 2012).

La contaminación de los cuerpos de agua se puede originar de forma natural o antropogénica. La contaminación del agua de origen antropogénico es ocasionada por actividades humanas, ya que el progreso y desarrollo industrial implican un alto consumo de agua y formación de grandes cantidades de desechos. Las principales fuentes de contaminación de origen antropogénico de los cuerpos de agua son las descargas de agua residuales urbanas, ganaderas, agrícolas e industriales (García-Rodríguez, 2012).

El aumento de la urbanización en la zona del puerto de Veracruz, ha causado cambios en los hábitats naturales (García-Villar et al., 2019). Conforme al Censo Nacional de Población y Vivienda (INEGI, 2020), la población total en México fue de 126,014,024 habitantes. De estos, 8,062,579 viven en el estado de Veracruz, mientras que en 1980 el número de habitantes fue de 5,387,680 (INEGI, 2021), el estado ha aumentado considerablemente el número de su población.

Los cambios a causa de la urbanización se han visto reflejados con el paso del tiempo, desde la visible contaminación por la mancha urbana e incluso la desaparición de los hábitats naturales (García-Villar et al., 2019). El estuario Arroyo Moreno es uno de estos hábitats afectados, el cual forma parte de la reserva natural estatal del mismo nombre, ubicada en los municipios de Boca del Río y Medellín (García-Villar et al., 2019). En el estuario Arroyo Moreno se ha podido observar clara contaminación hídrica de origen antropogénico y a consecuencia de eso, cambios visibles en los parámetros físico-químicos del cuerpo de agua.

2. ANTECEDENTES

2.1. Estuarios

Los estuarios son zonas de transición entre los ecosistemas terrestres y marinos, son rutas importantes para la salida de materiales del continente al océano (Sierra et al., 2002). Representa la desembocadura de los ríos que se dirigen hacia el mar, representando la transición de los ecosistemas dulceacuícolas a los sistemas marinos (Whitfield, 1999).

Los estuarios se definen como ecosistemas con especiales características físico-químicas y biológicas, cuya estructura no se presenta en ningún otro medio, sea marino o de agua dulce (Ray, 2005). Los sistemas estuarinos están impulsados por eventos físicos y existe una gran variación espacial y temporal en sus condiciones ambientales, lo que los convierten en ecosistema muy tensos. Además del estrés natural, se añade el causado por los diversos tipos de actividades humanas que ocurren dentro y alrededor de ellos (Kennish, 2000).

Sandoval-Huerta et al. (2014), realizaron muestreos en 4 estuarios situados en el municipio de Lázaro Cárdenas en el estado de Michoacán: barra de Nexpa, Teoalán, Mexcalhuacán y barra de Pichi. Registraron valores físico-químicos (salinidad, ppm, oxígeno disuelto, mg/L, temperatura, °C, profundidad, m, y transparencia, %). Se registraron valores de salinidad mínimos (< 2 ppm) y el valor máximo fue (22 ppm). El oxígeno disuelto registró el valor mínimo (0.21 mg/L) en diciembre y el valor máximo (12.48 mg/L) en junio. La temperatura máxima registrada (30.6 °C) fue en junio y la mínima (27.1 °C) fue en diciembre. La profundidad máxima registrada (1.73 m) en septiembre y la mínima (0.3 m) en junio. Los valores de transparencia máximos (100 %) se

observaron en diciembre y febrero y el porcentaje mínimo de transparencia (5.88 %) se observó en septiembre.

2.2. Estuarios en Veracruz

Los estuarios son ecosistemas de gran relevancia económica, debido a que proporcionan zonas de pesca y dan sustento a miles de pescadores. También su relevancia consiste en la función ambiental de su alta productividad primaria que ayuda a estos ecosistemas ser una zona de crecimiento, reproducción y protección de muchas especies acuáticas de valor económico, lo que permite el desarrollo de la biodiversidad (Lara-Domínguez et al., 2011).

Los cuerpos lagunares abarcan un área de 1,166 km² de la zona costera del estado de Veracruz. Entre las lagunas más valiosas del estado de Veracruz se encuentran Pueblo Viejo, Tamiahua, Tampamachoco, Grande, San Agustín, Salada, Verde, El Llano, El Farallón, La Mancha, Mandinga, Alvarado, Sontecomapan y El Ostión. Al igual que los estuarios de los ríos Tuxpan, Tecolutla, Casitas- Nautla, La Antigua, Papaloapan, Coatzacoalcos y Tonalá (Lara-Domínguez et al., 2011).

Las lagunas costeras del estado de Veracruz cuentan con características similares en su comportamiento hidrológico; se observa una mezcla de agua dulce y marina que varía en función de su geomorfología. Podemos observar lagunas costeras con una influencia alta marina por la salinidad presente en el cuerpo de agua (Tabla 1), así como cuerpos de agua con aportes dulceacuícolas predominantes a lo largo del año (Lara-Domínguez et al., 2011).

Tabla 1. Características físicas, químicas y biológicas de las lagunas costeras del estado de Veracruz.

Lagunas	Características físicas, químicas y biológicas				
	Salinidad (ups)	Temperatura (°C)	OD (mg/L)	Clorofila (mg/m ³)	PPN* (mgC/m ³ /hr)
Pueblo Viejo	Mesohalina (10 a 20 ups)	25 a 30	4.0 a 5.0	40.0 a 50.0	<100
Tamiahua	Polihalina (20 a 30 ups)	25 a 30	6.0 a 7.0	0.0 a 10.0	100 a 200
Tampamachoco	polihalina-euhalina (20 a 40 ups)	25 a 30	4.0 a 6.0	10.0 a 20.0 (1980), 20.0 a 30.0 (1990)	100 a 200
La Mancha	mesohalina (10 a 20 ups)	20 a 25	3.0 a 4.0	0.0 a 10.0	<100
Mandinga	polihalina (20 a 30 ups)	30 a 35	3.0 a 4.0	30.0 a 40.0	
Alvarado	mesohalina (10 a 20 ups)	25 a 30	4.0 a 5.0	20.0 a 30.0	200 a 300
Sontecomapan	Mesohalina (10 a 20 ups)	25 a 30	5.0 a 6.0	20.0 a 30.0	100 a 200
Ostión	mesohalina (10 a 20 ups)	25 a 30	4.0 a 5.0	0.0 a 10.0	<100

*Producción Primaria Neta, Modificado de Lara-Domínguez et al. (2011).

Salas Monreal et al. (2020) realizaron la creación de una base anual de los parámetros ambientales de oxígeno disuelto, nitrógeno total, clorofila-a, temperatura y salinidad en la zona de la desembocadura del río Jamapa. Los registros de dichos parámetros ambientales se tomaron a una distancia de 5 metros del margen del río Jamapa, de forma semanal del 1 de septiembre de 2017 al 25 de noviembre de 2018. A partir del análisis realizado se observa que la mayor temperatura fue registrada durante la temporada de secas y la menor en la temporada de nortes. El parámetro de salinidad se observaron mayores valores en la temporada de secas y menores durante la temporada de lluvias. La mayor concentración de oxígeno disuelto de registro en la temporada de nortes que fueron de 5.0 ml/L.

Cházaro-Olvera et al. (2023) realizaron el análisis de la diversidad y abundancia de los cangrejos y su relación con los parámetros ambientales presentes en el estuario del Río Jamapa, Veracruz, México, donde realizaron el registro de los parámetros ambientales mediante un multiparámetro Hanna HI 9827 en los meses de septiembre, noviembre en el año 2018 y los meses de enero, marzo y mayo en el año 2019. El oxígeno disuelto presentó valores de 4.44 ± 0.06 a 5.59 ± 0.53 mg/L, pH valores de 7.19 ± 0.06 a 7.52 ± 0.22 , temperatura valores de 22.37 ± 0.53 a 29.74 ± 1.26 °C, sólidos disueltos totales valores de 26.9 ± 0.56 a 2689 ± 2244 ppm y salinidad valores de 5.47 ± 5.77 a 34.76 ± 1.08 .

Los manglares ubicados en el estado de Veracruz son ecosistemas altamente ricos en biodiversidad, haciéndolos muy productivos y de gran importancia por la cantidad de bienes y servicios ambientales que nos ofrecen. A pesar de ello, estos ecosistemas son muy frágiles y son altamente afectados por las diversas actividades antropogénicas que se realizan en la zona, entre ellas, la ganadería, la deforestación y la contaminación hídrica (López-Portillo y Ezcurra, 2002), situaciones que actualmente afectan al estuario Arroyo Moreno.

Las causas más relevantes de los problemas que han sido identificados en el estuario Arroyo Moreno, han sido la descarga de aguas residuales derivadas de actividades antropogénicas y actividades turísticas, industriales y portuarias de la zona conurbada Veracruz-Boca del Río-Medellín (Pérez Ruíz et al., 2011).

2.3. Estuario Arroyo Moreno

El crecimiento acelerado de la urbanización en el puerto de Veracruz ha ocasionado que distintos ecosistemas desaparezcan o se vean afectados por la urbanización, uno de estos ecosistemas es el estuario Arroyo Moreno (García-Villar et al., 2019).

El estuario Arroyo Moreno muestra un hábitat al estuarino al recibir agua dulce del río Jamapa y agua marina debido a los intercambios mareales con el Golfo de México, mostrando de esta manera un patrón mareal de tipo mixto diurno (García-Villar et al., 2019).

La longitud del canal de agua ubicado en la Reserva Natural Estatal Arroyo Moreno (RNEAM) es de 11 km, la profundidad media del cuerpo de agua es de 1.5 m, presentando zonas que superan los 3 m; el estrato fondo está compuesto principalmente por sedimentos limosos, la desembocadura del cuerpo de agua se encuentra en el margen izquierdo del río Jamapa aproximadamente a 1300 m de la boca estuarina que se conecta al mar (CONABIO, 2010).

En 1999 el estuario Arroyo Moreno se decretó como Área Natural Protegida (ANP) sujeta a conservación, más adelante en el año 2008 fue modificado tal decreto, brindándole la categoría de Reserva Natural Estatal Arroyo Moreno (RNEAM) (Aké-Castillo et al. s.f.); sin embargo, a pesar de dichos nombramientos, el estuario Arroyo Moreno muestra pérdidas y contaminación en su ecosistema.

El estuario Arroyo Moreno muestra a simple viste manchas de contaminación, debido al recibimiento de descargas urbanas de forma directa a lo largo del cauce del estuario Arroyo Moreno (Salas-Monreal et al., 2020).

Desde hace algunos años el crecimiento urbano en la zona colindante a la Reserva Natural Estatal Arroyo Moreno (RNEAM) ha ocasionado que áreas de la reserva sean utilizadas como basurero a cielo abierto, a lo que se agregan las descargas de agua urbanas e industriales como son el Dren B, el Dren La Palapa, el Canal “La Zamorana” y las descargas de agua de la Termoeléctrica de Dos Bocas, Veracruz, que descarga aguas calientes en el área (Méndez-Álvarez, 2013; García-Villar et al., 2019).

El crecimiento acelerado de las actividades industriales y económicas se ve reflejado en el aumento de las plantas hidroeléctricas, siendo estas plantas causantes del aumento de temperatura y cambios en los ecosistemas estuarinos. Estos cambios se ven reflejados en principalmente en la varianza de los parámetros físico-químicos de los cuerpos de agua (Chamoneal et al., 2020).

Derivado de la contaminación hídrica, las propiedades físico-químicas de un cuerpo de agua se ven alteradas. Esto afecta a la diversidad biológica de dicho cuerpo de agua, alterando la cadena trófica que se encuentre presente en la zona. Además, las descargas de aguas residuales afectan en gran medida a un cuerpo de agua, convirtiéndolo en no apto para consumo humano y usos en actividades antropogénicas.

El estuario Arroyo Moreno tiene una gran riqueza de biodiversidad, es refugio de especies silvestres migratoria y locales que se encuentran en constante relación ayudando al equilibrio ecológico de la zona, además es considerado patrimonio natural debido a la impresionante belleza de la zona, su valor recreativo, turístico y educacional.

2.3.1. Clima

La zona en la que se ubica el estuario Arroyo Moreno presenta tres temporadas climáticas, la temporada de nortes que comprende del mes de noviembre al mes de marzo, presentando limitadas precipitaciones, temperaturas bajas del aire y habituales llegadas de aire frío boreal; la temporada de secas que comprende del mes de abril al mes de junio, en ocasiones puede extenderse al mes de agosto, presentando temperaturas altas, bajas precipitaciones pluviales y volúmenes bajos en los cuerpos de agua, y la temporada de lluvias que comprende del mes de agosto al mes de octubre, en esta temporada se presentan mayores precipitaciones pluviales ocasionando inundaciones (Martínez-Gómez, 1996).

2.3.2. Flora

El estuario Arroyo Moreno cuenta con una vegetación de manglar, popal, tular, selva mediana perennifolia, selva baja caducifolia, vegetación acuática y asociaciones de vegetación secundaria y pastizales. Tiene presente 4 especies de mangle (*Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Conocarpus erecta* y *Laguncularia racemosa*). Cuenta con asociaciones dominadas por el tule (*Typha domingensis*) y popales (*Heliconia* sp. y *Calathea* sp.). Además, hay apompo (*Pachira aquatica*), el chicozapote (*Manilkara zapota*), la higuera (*Ficus insipida*), el palo mulato (*Bursera simaruba*), uvero (*Coccoloba barbadensis*), barbasco (*Jacquinia aurantiaca*) y guásimo (*Guazuma ulmifolia*) (SEDEMA, s.f.).

2.3.3. Fauna

La fauna presente en el estuario Arroyo Moreno está dividida en fauna terrestre y fauna acuática. Encontrando en la fauna terrestre especies de herpetofauna como el sapo marino (*Incilius marinus*), ranita hojarasca (*Leptodactylus melanonotus*), rana túngara (*Engystomops pustulosus*), ranita de cristal (*Hyalinobatrachium fleischmanni*), tortuga tres lomos (*Staurotypus triporcatus*), tortuga chopontil (*Claudius angustatus*), casquito (*Kinosternon herrerae*), cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii*), culebra bejuquillo (*Leptophis ahaetulla*) y tilcampo (*Ctenosaura similis*) (SEDEMA, s.f.).

En la fauna aviaria podemos encontrar el zambullidor (*Podiceps nigricollis*), pelícano blanco (*Pelecanus erythrorhynchos*), cormorán (*Phalacrocorax olivaceus*), garzón cenizo (*Ardea herodias*), garza blanca (*Egretta alba*), martín pescador (*Ceryle torquata*), fragata común (*Fregata magnificens*), cuclillo alirrojo (*Coccyzus americanus*), mosquero o chepío (*Myiozetetes similis*), ganso manchado (*Anser albifrons*), águila pescadora (*Pandion haliaetus*) y halcón peregrino (*Falco peregrinus*) (SEDEMA, s.f.).

Así como a mamíferos como el tlacuache cuatro ojos (*Philander opossum*), conejo (*Sylvilagus floridanus*), ardilla gris (*Sciurus aureogaster*), murciélagos (*Mormoops megalophylla*, *Artibeus jamaicensis*, *Desmodus rotundus*), oso hormiguero (*Tamandua mexicana*), zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*), tuza (*Orthogeomys hispidus*), mapache (*Procyon lotor*), comadreja (*Mustela frenata*), coyote (*Canis latrans*) y zorrillo (*Mephitis macroura*) (SEDEMA, s.f.).

En la fauna acuática presente en el estuario Arroyo Moreno se encuentran los boquerones (*Anchoa mitchilli*), la naca (*Dormitator maculatus*), sardinita (*Dorosoma petenense*), pez sapo (*Opsanus beta*) y chucumite (*Centropomus parallelus*). También crustáceos como el camarón (*Penaeus aztecus*), langostino (*Macrobrachium acanthurus*), jaiba (*Callinectes similis* y *C. sapidus*) y cangrejo azul (*Cardisoma guanhumi*) (SEDEMA, s.f.)

2.4. Calidad del Agua

La calidad del agua se define mediante las características particulares del agua en relación con sus parámetros físicos, químicos y biológicos. Se relaciona con los parámetros físico-químicos y microbiológicos que presenta un cuerpo de agua (Rojas-Osorio, 2018).

La calidad de un medio marino se define como el conjunto de características físicas especificaciones y concentraciones de diversos elementos orgánicos e inorgánicos, y la composición y el estado del medio ambiente marino presente en la columna de agua. La calidad del agua muestra cambios espacio temporales a causa de factores internos y externos a la columna de agua (Sierra-Ramírez, 2011).

La realización de una caracterización físico-química de un cuerpo de agua, contribuye a determinar la calidad del agua presente en un cuerpo de agua en específico, además de tener conocimiento en el tipo de actividades donde pueda emplearse dicha agua (uso doméstico, agrícola, industrial, entre otros).

2.5. Parámetros Físicos del Agua

Los parámetros físicos del agua, son aquellos parámetros en donde se puede observar con facilidad algún cambio en ellos, ya sea un incremento o una disminución; estos cambios se pueden observar a partir de los sentidos (Pradillo, 2016).

Las sustancias que tienen un impacto directo sobre el estado estético del cuerpo de agua, son clasificadas como parámetros físicos. Los parámetros físicos del agua más relevantes son la temperatura, la turbidez, el color, la transparencia, el olor, la conductividad eléctrica, el sabor, los sólidos suspendidos totales y el oxígeno disuelto (Sierra-Ramírez, 2011).

En el presente trabajo, por fines de interés, se abordarán los parámetros físicos del agua siguientes: temperatura (°C) y sólidos disueltos totales (ppt).

2.5.1. Temperatura

La temperatura de un cuerpo de agua se refiere a la magnitud encargada de medir el nivel térmico presente en un cuerpo de agua, basándose en el calor o frío transferido por el cuerpo de agua (Basto-Ramírez y Rojas-Rubio, 2017). La temperatura afecta los parámetros físico-químicos del cuerpo de agua, como al oxígeno disuelto, a menor temperatura mayor unión de las moléculas de agua, encapsulando el escape de oxígeno hacia la atmosfera (Comunitat, s.f.).

La temperatura se considera un parámetro físico muy importante del agua, afecta la viscosidad, la velocidad de las reacciones químicas, así como es parte de la mayoría de los procesos del tratamiento del agua, tales como la sedimentación, coagulación, etc. (Sierra-Ramírez, 2011). La temperatura presente en un cuerpo de agua es afectada por las temporadas climáticas y por la

radiación solar, los ecosistemas presentes a mayor altura sobre el nivel del mar, el agua tiene temperaturas más bajas; al contrario de los ecosistemas cercanos al nivel del mar que presentan temperaturas más altas en los cuerpos de agua (Roldán-Pérez, 2003).

Muchos procesos y organismos biológicos son afectados por la temperatura, debido a que presentan sensibilidad ante los cambios de temperaturas o alteraciones del medio en el que se encuentren (Roldan-Pérez, 2003).

2.5.2. Sólidos Disueltos Totales

Los sólidos disueltos totales se definen como la sumatoria de los minerales, las sales, cationes y aniones que se encuentran disueltos en el cuerpo de agua. Los sólidos disueltos totales en general son menores a 0.5 mm por lo tanto traspasan fácilmente el papel filtro (Durán, 2016).

Los sólidos disueltos totales se pueden determinar por algún multiparamétrico que cuente con una sonda, así como por la resta de sólidos totales y sólidos suspendidos presentes en el cuerpo de agua.

2.5.3. Densidad

La densidad se define como el cociente entre la masa de un cuerpo y el volumen que ocupa. La densidad de un cuerpo de agua presenta variaciones si se modifica la presión o la temperatura. Cuando la presión aumenta, la densidad del cuerpo de agua también lo hace, en el caso de la temperatura, si la temperatura aumenta, la densidad disminuye (Serviquialta, 2016).

2.6. Parámetros Químicos del Agua

Los parámetros químicos del agua se relacionan con la capacidad de solvencia que presenta un cuerpo de agua; los más relevantes son la alcalinidad, acidez, dureza, metales, sulfatos, pH (Cifuentes y León, 2017). Por fines de interés, en el presente trabajo se analizarán los parámetros de oxígeno disuelto, pH y salinidad presentes en un cuerpo de agua.

2.6.1. Oxígeno disuelto

Los organismos vivos necesitan oxígenos para vivir, el oxígeno es indispensable para los procesos de metabolismo que producen energía para el crecimiento, desarrollo y reproducción de los organismos vivos (Roldán-Pérez, 2003).

El oxígeno que se encuentra libre en los cuerpos de agua es producido mediante la fotosíntesis y por oxigenación mecánica. El oxígeno disuelto en el agua tiende a disminuir o aumentar en relación a la temperatura, la descomposición de la materia orgánica presente en el agua, la respiración de la fauna y por reacciones químicas producidas en el agua (Basto-Ramírez y Rojas-Rubio, 2017).

El oxígeno disuelto tiene una directa relación con la temperatura y la presión, debido a que mayor temperatura el agua es más soluble y permite el escape del oxígeno gaseoso, a su vez esto se contrarresta con la presión debido a que la presión ejerce una fuerza sobre la superficie del agua que no permite que se libere fácilmente. En época de verano, la temperatura igualmente produce que la oxidación biológica aumente provocando el incremento del oxígeno disuelto en el agua (Cifuentes, 2017).

2.6.2. pH

El parámetro químico del agua del potencial de hidrogeno (pH), nos indica la concentración de iones de hidrogeno presentes en un cuerpo de agua. Si el pH se encuentra arriba de 7 el agua se considera alcalina, si se encuentra debajo de 7 se considera agua ácida (Chacón, 2016).

La medida del pH del agua se puede determinar por medio de un papel tornasol o mediante un potenciómetro.

2.6.3. Salinidad

La salinidad del agua se denomina como la cantidad de sales minerales que se encuentran disueltas en un cuerpo de agua y a la concentración total de los componentes iónicos presentes en un cuerpo de agua (Roldán-Pérez, 2003). La salinidad del agua varía de acuerdo a la zona y el tipo de cuerpo de agua del que se trate.

3. JUSTIFICACIÓN

El agua es un elemento esencial de la vida humana, tanto para la supervivencia como para el uso humano (Fernández-Cirelli, 2012). En todo el mundo, debido a la falta de control sanitario, los recursos hídricos (cuerpos de agua) se encuentran expuestos a contaminación orgánica e infiltración de aguas residuales procedentes de actividades humanas como la industria, agricultura, ciudades, ocasionando daños en el medio ambiente y en las personas (Huamaní-Astocaza et al., 2022).

Los parámetros físico-químicos de un cuerpo de agua, hacen apta el consumo de la misma, nos brindan información sobre los parámetros físicos y químicos de un cuerpo de agua (Orozco et al. 2005). La medición de los parámetros físico-químicos son más rápidos y su monitoreo puede ser frecuente a comparación de la medición de los parámetros biológicos (Samboni-Ruiz et al., 2007).

Una cuestión importante que surge al monitorear y evaluar los límites de variación de los parámetros físico-químicos en los cuerpos de agua continentales o en las costas de México se trata de que los investigadores, al analizar los resultados en dichos cuerpos de agua, no toman en cuenta las variaciones naturales que existen en los cuerpos de agua, que pueden presentar diferencias en la temporalidad y espacialmente (Lanza-Espino y Gutiérrez-Mendieta, 2017).

Muchas veces estos monitoreos se fundamentan en normas que regulan la calidad del agua para consumo humano como la NOM-ECOL-001-1996 (SEMARNAP, 1997), sin tomar en cuenta que está destinada para descargas de embalses y que sus rangos de concentración, métodos, unidades e interpretación varían con los cuerpos de agua loticos, lenticos, agua salina, agua dulce

o aguas costeras con distintas latitudes, como los cuerpos de agua que se encuentran presentes en México (Lanza-Espino y Gutiérrez-Mendieta, 2017).

La alteración de los parámetros físico-químicos de un cuerpo de agua, deriva a consecuencias como la disminución del oxígeno disuelto, aumento de la materia orgánica y sólidos disueltos en el cuerpo de agua, entre otros. Estos cambios en los parámetros físico-químicos afectan directamente a la fauna y flora acuática, ocasionando inclusive su muerte y que sea difícil el adaptarse a los cambios provocados en el medio ambiente.

El análisis de los parámetros físico-químicos del estuario Arroyo Moreno es muy importante, actualmente no existen estudios que definan las variaciones aproximadas de los parámetros físico-químicos de este cuerpo de agua. El gobierno del estado, solo está enfocado en la restauración del estuario Arroyo Moreno sin tomar en cuenta los daños que este cuerpo de agua recibe constantemente.

El presente estudio aportara los datos sobre los parámetros físico-químicos del estuario Arroyo Moreno y su variación conforme el transcurso de las temporadas climáticas del año que se presentan en la zona, incluyendo las variaciones conforme el transcurso del cuerpo de agua y los estratos de la columna de agua. De esta manera se brindará un punto de partida que brinde apoyo en estudios interesados en dicho cuerpo de agua, así como el planteamiento de estrategias para el mantenimiento del agua en condiciones dignas y estables.

4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

4.1. Pregunta de investigación

¿Cuál es el comportamiento de los parámetros físico-químicos del estuario Arroyo Moreno respecto a la distancia de la desembocadura y profundidad del arroyo, así como en las temporadas climáticas?

5. HIPÓTESIS

La dinámica hidrológica ocasionada por las temporadas climáticas de la región, las descargas, la distancia y profundidad del estuario pueden provocar la variación de los factores físico-químicos del estuario Arroyo Moreno en tiempo y espacio.

6. OBJETIVOS

6.1. Objetivo General

Analizar el comportamiento espacio-temporal de los parámetros físico-químicos del estuario Arroyo Moreno.

6.2. Objetivos Particulares

- Describir el comportamiento de los parámetros físico-químicos a lo largo del estuario Arroyo Moreno considerando tres profundidades a partir de mediciones *in situ*.
- Describir el comportamiento de los parámetros físico-químicos a través de las temporadas climáticas del estuario Arroyo Moreno a partir de mediciones *in situ*.
- Analizar la relación espacio-temporal de los parámetros físico-químicos del estuario Arroyo Moreno.

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1. Área de Estudio

El estuario Arroyo Moreno se localiza en la cuenca del río Jamapa, específicamente en el área natural protegida Arroyo Moreno, en la zona central costera del Estado de Veracruz, en los municipios de Boca del Río y Medellín de Bravo. El área natural protegida Arroyo Moreno cuenta con una superficie total de aproximadamente 249-68-14.48 hectáreas (GOEV, 1999). Se encuentra localizada entre los 19° 05' y 19° 08' latitud norte y los 96° 06' y 96° 09' longitud oeste. Tiene un rango de altitud de 0 a 5 metros sobre el nivel del mar (Aguilar, 2005).



Figura 1. Localización de la Reserva Natural Estatal Arroyo Moreno en el municipio Boca del Río, Veracruz. El polígono señala la superficie de la Reserva Natural Estatal Arroyo Moreno (19° 05' y 19° 08' latitud norte y los 96° 06' y 96° 09' longitud oeste). Imagen obtenida de Google Earth, 2023.

7.2. Materiales y Métodos

7.2.1. Trabajo de campo

Se establecieron 6 estaciones de muestreos a lo largo del estuario, donde se consideraron los rasgos barométricos y su influencia en el sitio, así como la influencia de las descargas de afluentes urbanos correspondientes al estuario. Se geo posicionaron cada uno de las estaciones para su fácil identificación.

Los muestreos fueron realizados en los meses de febrero, mayo, julio y octubre del año 2022; se realizaron a bordo de una embarcación pequeña (lancha) con un motor fuera de borda de 25 caballos de fuerza y 23 pies de proa alta, mediante mediciones *in situ* de los parámetros físico-químicos del estuario, utilizando un multiparamétrico Hanna HI9828 previamente calibrado, considerando tres estratos de la columna de agua, superficie, medio y fondo.

Los parámetros físico-químicos registrados fueron oxígeno disuelto (mg/L), temperatura (°C), sólidos disueltos totales (ppt), salinidad (ups), densidad y pH.



Figura 2. Toma de parámetros físico-químicos *in situ* con sonda del multiparámetro Hanna HI9828 en el estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.

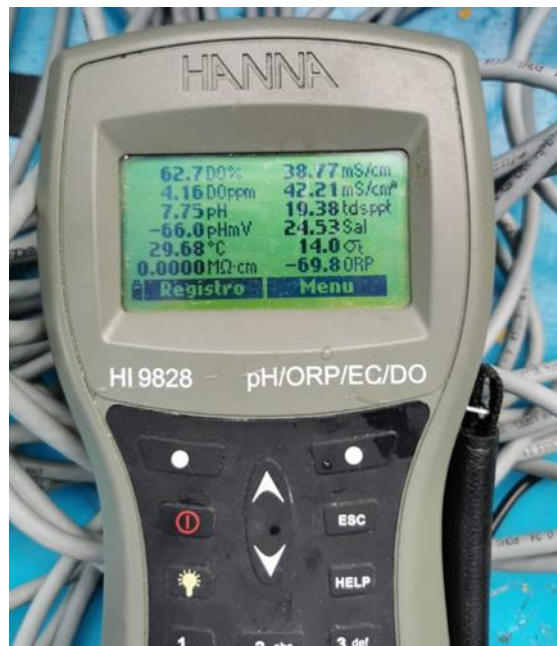


Figura 3. Lectura de los parámetros físico-químicos mediante multiparámetro Hanna HI9828 en el estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.



Figura 4. Recorrido en lancha con motor fuera de borda de 25 caballos de fuerza y 23 pies de proa alta en el estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.

7.2.1.1. Estaciones de muestreo



Figura 5. Estaciones de muestreo a lo largo del estuario Arroyo Moreno y afluentes urbanos ubicados en el estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz. Imagen obtenida de Google Earth, 2023.

- Estación 1

La estación 1 se encuentra a una altitud de 3 m.s.n.m. y sus coordenadas geográficas son (19°06'004" N, - 96°06'709" W), se eligió la estación 1 como punto de partida, debido a su desembocadura con el río Jamapa y su cercanía al afluente nombrado "Descargas Urbanas" (Figura 6).



Figura 6. Afluente urbano nombrado “Descargas Urbanas” en estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.

- Estación 2

La estación 2 se encuentra a una altitud de 3 m.s.n.m. y sus coordenadas geográficas son (19°06'542" N, - 96°06'862" W), se eligió la estación 2 como punto intermedio entre los puntos nombrados “Dren B” y “Descargas Urbanas” provenientes de afluentes urbanos (Figura 7).



Figura 7. Dren B en estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.

- Estación 3

La estación 3 se encuentra a una altitud de 3 m.s.n.m. y sus coordenadas geográficas son (19°06'749" N, - 96°07'220" W), se eligió la estación 3 como punto intermedio entre los puntos nombrados "Dren B" (Figura 7) y "Dren La Palapa" (Figura 8) provenientes de afluentes urbanos.



Figura 8. Dren “La Palapa” en estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.

- Estación 4

La estación 4 se encuentra a una altitud de 3 m.s.n.m. y sus coordenadas geográficas son (19°06'989" N, - 96°07'866" W), se eligió la estación 4 debido a su cercanía con el punto nombrado “Canal La Zamorana” proveniente de un afluente urbano (Figura 9).



Figura 9. Canal “La Zamorana” en estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.

- Estación 5

La estación 5 se encuentra a una altitud de 3 m.s.n.m. y sus coordenadas geográficas son (19°06'780" N, - 96°08'366" W), se eligió la estación 5 como punto intermedio entre los puntos por su cercanía a la Planta Termoeléctrica Dos Bocas (Figura 10).



Figura 10. Planta Termoeléctrica Dos Bocas en estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.

- Estación 6

La estación 6 se encuentra a una altitud de 2 m.s.n.m. y sus coordenadas geográficas son (19°06'547" N, - 96°08'764" W), se eligió la estación 6 como punto final del recorrido en lancha, debido a su cercanía al Puente Moreno y la dificultad de seguir navegando en el estuario Arroyo Moreno (Figura 11).



Figura 11. Puente Arroyo Moreno en estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.

7.2.2. Análisis de datos

Se realizaron los análisis estadísticos de la media, error estándar, valores máximos y mínimos de los parámetros físico-químicos, esto con el fin de comparar los resultados entre los sitios de muestreos, estratos de la columna de agua y las temporadas climáticas.

Se aplicaron pruebas de normalidad a los valores de los parámetros físico-químicos de acuerdo a la prueba de normalidad Shapiro-Wilks con el fin de determinar si los valores registrados presentaban comportamiento normal ($P > 0.05$). Por medio del paquete estadístico de Minitab® 18.1 (versión 18.1; Minitab Inc., State College, Pennsylvania, USA).

Se aplicó el análisis de varianza multivariante permutacional (PERMANOVA, $P < 0.05$) a los valores de los parámetros físico-químicos con el fin de comparar las medias entre los sitios de muestreos y las temporadas climáticas. Por medio del paquete estadístico Past® 4.06b (versión 4.6b) (Hammer et al. 2001).

Se aplicó la prueba Bonferroni ($P < 0.05$) como prueba Post Hoc posteriormente de comprobar si existen diferencias entre las medias de los valores de los parámetros físico-químicos con el fin de determinar que medias son las que difieren entre sí. Por medio del paquete estadístico Past® 4.06b (Hammer et al. 2001).

8. RESULTADOS

El cuerpo de agua del estuario Arroyo Moreno presenta condiciones variadas en los valores de sus parámetros físico-químicos. Los registros promedio general de oxígeno y salinidad mostraron los mayores contrastes. El oxígeno disuelto presentó un promedio general 3.36 mg/L, la salinidad presentó un promedio general de 12.15 ups, la temperatura promedio fue de 29.89 °C, los sólidos disueltos totales presentaron un promedio general de 9.78 ppt, el valor promedio de la densidad fue de 6.52 g/cm³ y el valor promedio del pH fue de 7.44.

Tabla 2. Valores generales de los parámetros físico-químicos del estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.

	OD (mg L ⁻¹)	Temperatura (°C)	SDT (ppt)	Salinidad (ups)	Densidad (g cm ³ ⁻¹)	pH
M ± SD	3.36 ± 2.02	29.89 ± 3.57	9.78 ± 10.04	12.15 ± 12.71	6.52 ± 6.98	7.44 ± 0.16
[MÍN - MÁX]	[0 – 8.13]	[26.13 – 36.79]	[0.109 – 25.21]	[0.11 – 32.63]	[0 – 17.6]	[6.96 – 7.89]

El oxígeno disuelto registró un valor promedio de 3.36 ± 2.02 mg L⁻¹, presentó el valor más alto en febrero con 8.13 mg L⁻¹ en la estación 5, en el estrato medio; mientras que el valor más bajo fue en mayo con 0 mg L⁻¹ en la estación 1, en el estrato medio. Los valores registrados tienen un comportamiento normal ($P > 0.100$) (tabla 2). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los estratos ($P = 0.539$); sin embargo, hubo diferencias estadísticamente significativas entre los meses de muestreo ($P = 0.004$) y entre las estaciones ($P < 0.001$) (tabla 2). Se encontró que el mes de octubre presentó diferencias estadísticamente significativas con los meses de febrero y julio ($P < 0.05$); las estaciones 1, 2 y 3, presentaron diferencias estadísticamente significativas con las estaciones 4, 5 y 6, así como la estación 5 con la estación 6 ($P < 0.05$).

Tabla 3. Valores estadísticos de los parámetros físico-químicos del estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.

	OD (mg L ⁻¹)	Temperatura (°C)	SDT (ppt)	Salinidad (ups)	Densidad (g cm ³ ⁻¹)	pH
Normalidad (Shapiro Wilks)	> 0.100	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	0.043
Meses	0.004	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
PERMANOVA						
Estaciones	< 0.001	0.832	0.998	0.998	0.999	< 0.001
Estratos	0.539	0.986	0.989	0.969	0.954	0.792

La temperatura registró un valor promedio de 29.89 ± 3.57 °C, presentó el valor más alto en mayo con 36.79 °C en la estación 5, en el estrato medio; mientras que el valor más bajo fue en octubre con 26.13 °C en la estación 1, en el estrato fondo. Los valores registrados tienen un comportamiento anormal ($P < 0.010$) (tabla 2). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las estaciones ($P = 0.832$), ni entre los estratos ($P = 0.986$); sin embargo, hubo diferencias estadísticamente significativas entre los meses de muestreo ($P < 0.001$) (tabla 2). Se encontró que los meses de febrero y octubre no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre sí, pero sí presentaron diferencias con el mes de mayo y el mes de julio ($P < 0.05$).

El parámetro de sólidos disueltos totales registró un valor promedio de 9.78 ± 10.04 ppt, presentó el valor más alto en mayo con 25.21 ppt en la estación 6, en el estrato fondo; mientras que el valor más bajo fue en julio con 0.109 ppt en la estación 5, en los estratos medio y fondo. Los valores registrados tienen un comportamiento anormal ($P < 0.010$) (tabla 2). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las estaciones de muestreo ($P = 0.998$) y entre los estratos ($P = 0.989$); sin embargo, hubo diferencias estadísticamente significativas entre los meses de muestreo ($P < 0.001$) (tabla 2). Se encontró que los meses de julio y octubre no

presentaron diferencias estadísticamente significativas entre sí, pero sí presentaron diferencias con los meses febrero y mayo, y entre sí ($P < 0.05$).

La salinidad registró un valor promedio de 12.15 ± 12.71 ups, presentó el valor más alto en mayo con 32.63 ups en la estación 5, en el estrato fondo; mientras que el valor más bajo fue en julio con 0.11 ups en la estación 5, en los estratos medio y fondo. Los valores registrados tienen un comportamiento anormal ($P < 0.010$) (tabla 1). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las estaciones de muestreo ($P = 0.998$) y entre los estratos ($P = 0.969$); sin embargo, hubo diferencias estadísticamente significativas entre los meses de muestreo ($P < 0.001$) (tabla 2). Se encontró que los meses de julio y octubre no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre sí, pero sí presentaron diferencias con los meses febrero y mayo, y entre sí ($P < 0.05$).

La densidad registró un valor promedio de $6.52 \pm 6.98 \text{ g cm}^3^{-1}$, presentó el valor más alto en mayo con 17.6 g cm^3^{-1} en la estación 5, en el estrato fondo; mientras que el valor más bajo fue en julio y octubre con 0 g cm^3^{-1} en todas las estaciones y todos los estratos. Los valores registrados tienen un comportamiento anormal ($P < 0.010$) (tabla 1). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las estaciones de muestreo ($P = 0.999$) y entre los estratos ($P = 0.954$); sin embargo, hubo diferencias estadísticamente significativas entre los meses de muestreo ($P < 0.001$) (tabla 2). Se encontró que los meses de febrero y mayo no presentaron diferencias estadísticamente significativas, así como los meses de julio y octubre; sin embargo, los meses de febrero y mayo, presentan diferencias estadísticamente significativas con los meses de julio y octubre ($P < 0.05$).

El potencial de hidrogeno (pH) registró un valor promedio de 7.44 ± 0.16 , presentó el valor más alto en mayo con 7.89 en la estación 2, en el estrato medio; mientras que el valor más bajo fue en febrero con 6.96 en la estación 6, en el estrato superficie. Los valores registrados tienen un comportamiento anormal ($P = 0.043$) (tabla 1). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los estratos ($P = 0.792$); sin embargo, hubo diferencias estadísticamente significativas entre los meses de muestreo ($P < 0.001$) y entre las estaciones ($P < 0.001$) (tabla 2). Se encontró que el mes de febrero presentó diferencias estadísticamente significativas con los meses de mayo, julio y octubre ($P < 0,05$); las estaciones 1, 2, y 6 no presentaron diferencias significativas entre sí, así como las estaciones 4 y 5, pero si presentan diferencias estadísticamente significativas entre las agrupaciones y la estación 1 con la estación 3 ($P < 0.05$).

Tabla 4. Valores generales ($M \pm SD$) del mes de febrero del 2022 de los parámetros físico-químicos del estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.

Febrero						
Estación de muestreo	OD (mg L^{-1})	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	SDT (ppt)	Salinidad (ups)	Densidad (g cm^3^{-1})	pH
1	2.05 ± 1.27	26.16 ± 0.01	16.92 ± 0.17	21.19 ± 0.23	12.63 ± 0.15	7.31 ± 0.01
2	4.03 ± 0.32	26.37 ± 0.01	17.21 ± 0.12	21.58 ± 0.16	12.83 ± 0.11	7.31 ± 0.005
3	1.91 ± 1.25	26.61 ± 0.02	16.38 ± 0.17	20.43 ± 0.24	11.9 ± 0.2	7.3 ± 0
4	6.40 ± 0.38	28.02 ± 0.005	16.22 ± 0.04	20.19 ± 0.06	$11.3 \pm 2.17 \text{ E-15}$	7.40 ± 0.11
5	7.62 ± 0.44	28.94 ± 0.58	14.04 ± 0.59	17.69 ± 0.70	9.06 ± 0.40	7.40 ± 0.11
6	5.11 ± 1.23	27.97 ± 0.58	18.81 ± 1.97	22.64 ± 4.28	13.46 ± 2.61	7.05 ± 0.08

Tabla 5. Valores generales ($M \pm SD$) del mes de mayo del 2022 de los parámetros físico-químicos del estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.

Mayo						
Estación de muestreo	OD (mg L^{-1})	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	SDT (ppt)	Salinidad (ups)	Densidad (g cm^3^{-1})	pH
1	0.37 ± 0.54	33.91 ± 0.81	19.87 ± 0.81	25.08 ± 1.18	12.96 ± 1.15	7.37 ± 0.01
2	2.33 ± 0.71	35.41 ± 0.57	21.86 ± 1.57	27.55 ± 2.04	14.46 ± 1.44	7.56 ± 0.28
3	3.28 ± 0.35	36.73 ± 0	24.25 ± 0.07	31.3 ± 0.10	16.46 ± 0.11	7.43 ± 0.03
4	4.26 ± 0.06	36.54 ± 0.01	24.08 ± 0.02	30.99 ± 0.03	16.36 ± 0.05	$7.51 \pm 1.08 \text{ E-15}$
5	4.8 ± 0.19	35.43 ± 2.04	19.79 ± 8.66	25.18 ± 11.84	12.46 ± 8.04	7.57 ± 0.01
6	3.21 ± 0.40	34.88 ± 0.47	22.91 ± 3.04	25.36 ± 11.39	12.56 ± 7.42	7.32 ± 0.01

Tabla 6. Valores generales ($M \pm SD$) del mes de julio del 2022 de los parámetros físico-químicos del estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.

Julio						
Estación de muestreo	OD (mg L^{-1})	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	SDT (ppt)	Salinidad (ups)	Densidad (g cm^3^{-1})	pH
1	1.36 ± 0.41	29.24 ± 0.07	0.28 ± 0.006	0.30 ± 0.005	0 ± 0	7.29 ± 0.07
2	3.20 ± 0.18	29.85 ± 0.02	0.23 ± 0.007	0.25 ± 0.005	0 ± 0	7.34 ± 0.03
3	4.36 ± 0.15	29.83 ± 0.01	0.20 ± 0.006	0.21 ± 0.01	0 ± 0	7.51 ± 0.01
4	5.11 ± 0.08	30.36 ± 0.07	0.15 ± 0.001	0.16 ± 0.005	0 ± 0	7.70 ± 0.02
5	6.35 ± 0.28	30.48 ± 0.005	0.11 ± 0.002	0.11 ± 0.005	0 ± 0	7.62 ± 0.01
6	4.03 ± 0.27	29.76 ± 0.10	0.14 ± 0.005	0.15 ± 0.005	0 ± 0	7.44 ± 0.03

Tabla 7. Valores generales ($M \pm SD$) del mes de octubre del 2022 de los parámetros físico-químicos del estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.

Octubre						
Estación de muestreo	OD (mg L^{-1})	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	SDT (ppt)	Salinidad (ups)	Densidad (g cm^3^{-1})	pH
1	0.39 ± 0.68	26.14 ± 0.01	0.21 ± 0.003	0.22 ± 0.005	0 ± 0	7.40 ± 0.005
2	0.59 ± 0.61	26.25 ± 0.01	0.23 ± 0.04	0.22 ± 0	0 ± 0	7.46 ± 0.06
3	0.31 ± 0.27	26.61 ± 0	0.19 ± 0.002	$0.2 \pm 3.3 \text{ 9E-17}$	0 ± 0	7.41 ± 0.017
4	3.04 ± 0.01	27.34 ± 0.04	0.19 ± 0.001	0.21 ± 0	0 ± 0	$7.67 \pm 1.08 \text{ E-15}$
5	3.53 ± 0.2	27.36 ± 0.05	0.20 ± 0.04	0.22 ± 0.04	0 ± 0	7.64 ± 0.01
6	3.01 ± 0.63	27.24 ± 0.17	0.20 ± 0.02	0.21 ± 0.03	0 ± 0	7.69 ± 0.06

9. ANÁLISIS DE RESULTADOS

El parámetro de oxígeno disuelto es un parámetro físico-químico que presenta una estrecha relación con distintos parámetros físico-químicos de la calidad del agua. En este estudio se pudo observar el comportamiento del oxígeno disuelto a través del transcurso del cuerpo de agua, esto a partir de los muestreos en las estaciones a través del estuario Arroyo Moreno.

Se puede observar en la (Figura 12, anexo 1) que los puntos más bajos de oxígeno disuelto se encuentran en la estación 3, la cual se encuentra influenciada por la corriente de las descargas urbanas “Dren B” y el “Canal La Zamorana”, también se presenta la similitud de los puntos más bajos de oxígeno disuelto en el mes de octubre, en cuanto a los estratos de la columna de agua, se observa una similitud entre los tres estratos estudiados (superficie, medio y fondo).

Los puntos más altos de oxígeno disuelto se presentaron en la estación 5, la cual se encuentra influenciada por la descarga de agua proveniente de la “Planta Termoeléctrica Dos Bocas”, este aumento en el oxígeno disuelto puede ser ocasionado a la descarga desde una altura razonable, ocasionando el movimiento de agua presente en el estuario Arroyo Moreno, favoreciendo de esta manera, el aumento del oxígeno disuelto en el estuario Arroyo Moreno.

De la misma manera se puede observar que los mayores puntos de oxígeno disuelto en los tres estratos estudiados se presentan en el mes de febrero, además que presentan una similitud en el comportamiento de los estratos del cuerpo de agua estuario Arroyo Moreno.

El parámetro de temperatura para el caso del estuario Arroyo Moreno se puede observar en la (Figura 13, anexo 2) que presenta un comportamiento similar en los tres estratos estudiados en

la columna del agua. Además, se puede observar que las temperaturas más altas se presentaron en el mes de mayo, mientras que las temperaturas más bajas registradas fueron en el mes de octubre, estos cambios en el cuerpo de agua pueden ser ocasionados a consecuencia de las temporadas climáticas, mayores temperaturas en la temporada de secas (mayo) y menores temperaturas en la temporada de lluvias (octubre).

También se puede observar en la (Figura 13, anexo 2) que en la estación 5, se presentan aumentos y disminuciones en la temperatura del cuerpo de agua, recordando que dicha estación se encuentra influenciada por el canal de enfriamiento de agua proveniente de la Planta Termoléctrica Dos Bocas, ocasionando estos cambios en las variaciones de temperatura presentes en el cuerpo de agua estuario Arroyo Moreno. Asimismo, se pueden observar ligeros incrementos de temperatura en la estación 3, la cual se encuentra influenciada por descargas urbanas, considerando que un aumento anormal de la temperatura de agua puede tener origen a partir de los vertidos de descargas urbanas, las cuáles se pueden evidenciar en la estación 3 presente en el estuario Arroyo Moreno.

Los sólidos disueltos totales son un parámetro físico-químico primordial para conocer las relaciones terrestres y la productividad en un cuerpo de agua. En la (Figura 14, anexo 3) se puede observar que los valores de mayor concentración de sólidos disueltos en el cuerpo de agua se presentaron en el mes de mayo, mientras que los valores de menor concentración fueron en los meses de julio y octubre. Esto puede ser originado por las temporadas climáticas, en la temporada de secas (mayo) el aumento considerable de sólidos totales es originado a que al presentar el cuerpo de agua un aumento en su temperatura, se libera materia disuelta en el agua y a su vez la disminución del caudal en el cuerpo de agua ocasiona que los sólidos se desplacen lentamente y tiendan a estancarse en el cauce del estuario Arroyo Moreno; mientras que en la temporada de

lluvias, el aumento del caudal en el cuerpo de agua ocasiona la disminución de los sólidos disueltos presentes en el cuerpo de agua, el estuario Arroyo Moreno.

Además, en la (Figura 14, anexo 3) podemos observar la disminución en los valores de sólidos disueltos totales en la estación 5, la cual está influenciada por la descarga de agua proveniente de la Planta Termoeléctrica Dos Bocas. Este descenso en los sólidos disueltos puede ser ocasionado a la descarga de agua de la Planta Termoeléctrica Dos Bocas en el cuerpo de agua, de esta manera el aporte de agua ocasiona la disminución en los valores de sólidos disueltos totales. El cuerpo de agua presenta una similitud en los valores de sólidos disueltos totales en los tres estratos estudiados. La columna de agua tiene un comportamiento similar entre estratos y meses.

En lo que respecta al parámetro de salinidad (Figura 15, anexo 4) se puede observar que los valores de mayor concentración de salinidad en el cuerpo de agua se presentaron en el mes de mayo, mientras que los valores de menor concentración fueron en los meses de julio y octubre. Esto puede ser originado por las temporadas climáticas, en la temporada de secas (mayo) la nula presencia de lluvias y el aumento de sólidos disueltos totales, así como el aumento de la temperatura en el agua, origina el aumento de la salinidad en el cuerpo de agua; mientras que, en la temporada de lluvias, el aumento del caudal en el cuerpo de agua por la presencia de lluvias, ocasiona la disminución de la salinidad presente en el cuerpo de agua, el estuario Arroyo Moreno.

Además, en la (Figura 15, anexo 4) podemos observar descensos y ascensos en los valores de la salinidad en la estación 5, la cual está influenciada por la descarga de agua proveniente de la Planta Termoeléctrica Dos Bocas. Este descenso en los sólidos disueltos puede ser ocasionado a la descarga de agua de la Planta Termoeléctrica Dos Bocas en el cuerpo de agua, de esta manera

el aporte de agua ocasiona la disminución o aumento en la salinidad del cuerpo de agua. El cuerpo de agua presenta una similitud en los valores salinidad en los tres estratos estudiados.

El estuario Arroyo Moreno presenta valores de salinidad de 0.11 a 32.63 ups, de acuerdo a Lara Domínguez et al. (2011) el estuario Arroyo Moreno presenta tres tipos de salinidades, mesohalina (10 a 20 ups), polihalina (20 a 30 ups) y euhalina (30 a 40 ups), similares a algunos estuarios del estado de Veracruz, tales como la Laguna de Pueblo Viejo, Laguna de Tamiahua, Laguna de Tampamachoco, por nombrar algunas. De esta manera podemos observar que el estuario Arroyo Moreno presenta un comportamiento estuarino, debido a la presencia de salinidad en la mayoría del cuerpo de agua. Dicho comportamiento se encuentra influenciado por las temporadas climáticas y los aportes de las distintas descargas de origen urbano que se encuentran en el transcurso del estuario Arroyo Moreno.

Se puede observar en la (Figura 16, anexo 5) que el comportamiento de la densidad presentó los mayores valores de densidad en los meses de julio, específicamente en el estrato de superficie, esto podría ser originado al ser julio un mes que comprende la temporada de lluvias, puede ocasionar el arrastre de hojas y demás partículas en el estrato de superficie, ocasionando el aumento de la densidad en el cuerpo de agua del estuario Arroyo Moreno.

Los meses febrero y mayo el cuerpo de agua presenta un comportamiento similar en los tres estratos, observando aumentos en las estaciones que tienen influencia por las descargas de origen urbano presentes en el estuario. Mientras que los meses julio y octubre presentan valores de cero en las seis estaciones, en los estratos medio y fondo, provocando un comportamiento similar de densidad a lo largo del estuario Arroyo Moreno en los estratos medio y fondo del cuerpo de agua.

Con respecto del comportamiento del pH, en la (Figura 17, anexo 6) se puede observar que el cuerpo de agua se comporta de manera homogénea en un rango de 6.9 a 7.9, teniendo a ser ligeramente alcalina el agua presente en el estuario en las temporadas de secas, nortes y lluvias.

A partir de los escasos estudios de los parámetros físico-químicos realizados cerca al estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz, se seleccionó los análisis realizados por (Salas-Monreal, et al., 2020; Cházaro-Olvera et al., 2023) para la comparación de resultados, esto debido a su cercanía de la zona estudiada con el estuario Arroyo Moreno.

Comparando los resultados de los parámetros físico-químicos de Salas-Monreal et al. (2020) y Cházaro-Olvera et al. (2023) se logra determinar que el oxígeno disuelto presenta valores similares a los obtenidos en este estudio, en los años 2017 y 2018 en el estudio realizado por Salas-Monreal et al., el oxígeno disuelto en el río Jamapa presentó la mayor concentración en la temporada de nortes con 5.0 mg/L, mientras que en los años 2018 y 2019 en el estudio realizado por Cházaro-Olvera et al., el oxígeno disuelto en el río Jamapa presentó valores de 4.44 ± 0.06 a 5.59 ± 0.53 mg/L y en el estuario Arroyo Moreno, los valores registrados fueron de 3.36 ± 2.02 mg/L [0 – 8.13 mg/L], presentando la mayor concentración de oxígeno disuelto igualmente en el mes de febrero, abarcando la temporada de nortes, mientras que la menor concentración se presentó en el mes de mayo, abarcando la temporada de secas.

Para el caso de la temperatura en el río Jamapa en los años 2017 y 2018 (Salas-Monreal et al., 2020) la mayor temperatura se registró en la temporada de secas y la menor temperatura en la temporada de nortes, mientras que en los años 2018 y 2019 (Cházaro-Olvera Etl., 2023) los valores rondaron de 22.37 ± 0.53 a 29.74 ± 1.26 °C y el estuario Arroyo Moreno presentó temperaturas de 29.89 ± 3.57 [26.13 – 36.79 °C], siendo la mayor temperatura registrada

igualmente en la temporada de secas y la menor temperatura en el mes de octubre, abarcando la temporada de lluvias.

En el caso de los sólidos disueltos presentes en el río Jamapa en 2018 y 2019 (Cházaro-Olvera et al., 2023) los valores registrados fueron 26.9 ± 0.56 to 2689 ± 2244 ppm, mientras que en el estuario Arroyo Moreno, los valores registrados de sólidos disueltos totales fueron de 9.78 ± 10.04 y $[0.109 - 25.21$ ppm], siendo el valor más alto de sólidos disueltos totales registrado en el mes de mayo, abarcando la temporada de secas y el valor más bajo en el mes de julio, abarcando la temporada de lluvias.

Los valores de salinidad presentes en el río Jamapa en los años 2017 y 2018 (Salas-Monreal et al., 2020) se registraron valores más altos en la temporada de secas y menores en la temporada de lluvias, mientras que en los años 2018 y 2019 (Cházaro-Olvera et al., 2023) fueron de 5.47 ± 5.77 a 34.76 ± 1.08 ups y en el estuario Arroyo Moreno, los valores registrados fueron de 12.15 ± 12.71 $[0.11 - 32.63$ ups], presentándose el valor más alto en el mes de mayo, abarcando la temporada de secas y el valor más bajo en el mes de julio, abarcando la temporada de lluvias. Podemos observar que ambos cuerpos de agua presentan comportamiento estuarino debido a la salinidad presente en dichos cuerpos de agua.

El pH del río Jamapa en 2018 y 2019 (Cházaro-Olvera, 2023) fue de 7.19 ± 0.06 a 7.52 ± 0.22 , mientras que en el estuario Arroyo Moreno presentó valores de pH de 7.44 ± 0.16 $[6.96 - 7.89]$. Donde podemos observar que ambos cuerpos de agua presentan comportamiento alcalino. A diferencia que el único valor que se no encontró registrado fue el parámetro de densidad en ninguno de los dos estudios analizados.

10. CONCLUSIONES

Los parámetros físico-químicos estudiados demostraron que el agua presente en el estuario Arroyo Moreno es ligeramente alcalina, con niveles variados de oxigenación, temperatura de acuerdo a las temporadas climáticas de los meses estudiados (febrero, mayo, julio y octubre), salinidad variada observando que se trata de un estuario de acuerdo al comportamiento del parámetro de la salinidad.

Los parámetros físico-químicos se ven afectados por las aportaciones de las descargas de origen urbano y la descarga del canal de enfriamiento de la Planta Termoeléctrica Dos Bocas, Boca del Río, Veracruz, ocasionando aumentos y disminuciones en los parámetros físico-químicos estudiados en el estuario Arroyo Moreno.

Los parámetros físico-químicos tienen un comportamiento similar, no existen grandes diferencias entre ellos de manera descriptiva general de los parámetros con los estratos superficie, medio y fondo de la columna de agua.

Las estaciones 1, 2, 3 y 4 son muy homogéneas; mientras que la estación 5 y 6 presentan en algunos de los parámetros pequeñas diferencias que corresponden a las estaciones con la influencia de la descarga de enfriamiento de la Planta Termoeléctrica, asociado con el movimiento del agua.

El cuerpo de agua respecto a los parámetros físico-químicos estudiados tiene un comportamiento homogéneo, por lo tanto, puede ser considerado como un cuerpo de agua homogéneo, con comportamiento estuarino.

11. LITERATURA CITADA

Aguilar, S. (2005). Guía para la interpretación ambiental del manglar. *Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano*. Veracruz, Veracruz.

Aké-Castillo, J.A., Rodríguez-Gómez, C.F., Buendía, A.L. (2016). Arroyo Moreno: Un manglar en la ciudad. *Ciencia y Luz*. Universidad Veracruzana.

Basto-Ramírez, N.S., Rojas-Rubio, L.V. (2017). Evaluación de la Calidad del Agua por Medio de Parámetros Físicoquímicos y Parámetros Biológicos en la Quebrada Padre de Jesús. *Universidad Distrital Francisco José Caldas*. Bogotá, Colombia.

Chacón, M.Y. (2016). Análisis físico y químico de la calidad del agua. *Bogotá D.C.: Ediciones USTA*.

Cházaro Olvera, S., Rocher-González, A., Montoya-Mendoza, J., Lango-Reynoso, F., Castañeda-Chávez, M.R. (2023). Brachyura megalopae in the Jamapa River estuary, Veracruz, SW of the Gulf of Mexico. *Latin American Journal of Aquatic Research*. (En prensa).

Cifuentes, C.R. (2017). Caracterización físico-química Quebrada Las Delicias “Sendero Ecológico Quebrada Las Delicias”. *Universidad Distrital Francisco José de Caldas*.

Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO) (2010). Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica. *CONABIO*. México, D.F.

Comunitat Valenciana, (s.f.). El ciclo del agua. Agroambient. Recuperado el 21 de junio de 2023 de:

https://agroambient.gva.es/estatico/areas/educacion/educacion_ambiental/educ/publicaciones/ciclo_del_agua/cicag/2/2_5_1/index.html.

De la Lanza-Espino, G., Gutiérrez-Mendieta, F.J. (2017). Intervalos de parámetros no-conservativos en sistemas acuáticos costeros de México. *Hidrobiológica* 27 (3): 369-390.

Durán, L. E. (2016). Evaluación de la Calidad del Agua de Ríos de Colombia usando parámetros fisicoquímicos y biológicos. *Revista de la Universidad Libre*.

Fernández Cirelli, A. (2012). El agua: un recurso esencial. *Química Viva*, 11(3), 147-170.

Franco-López, J. (2017). Análisis del comportamiento estacional e interanual de la comunidad ictiofaunística asociada a zonas de manglar en la Laguna de Alvarado, Veracruz. *BIOCYT Biología, Ciencia y Tecnología*. 10(38): 722-735.

García-Rodríguez, M. (2012). La hidrosfera. El ciclo del agua en el planeta. La calidad del agua. Contaminación acuática. Eutrofización. Sistemas de tratamiento y depuración. El agua como recurso natural. Gestión del agua. Criterios para un uso sostenible. *Biología y geología* (pp. 1-32). Cenoposiciones.

García-Villar, A.M., Montoya-Mendoza, J. y Chávez-López, R. (2019). Aproximación Histórica de la Composición de Especies de Peces en Arroyo Moreno, Veracruz, México. *BIOCYT Biología, Ciencia y Tecnología*, 12(48): 895-908.

Gaceta Oficial del Estado de Veracruz (GOEV), 1999. Decreto por el que se declara área natural protegida, como zona sujeta a conservación ecológica, el lugar conocido como Arroyo Moreno del Municipio de Boa del Río, Veracruz. Gobierno estatal de Veracruz de Ignacio de Llave, Secretaría de Desarrollo Regional. *Gaceta oficial del Estado no. 146*. 25 de noviembre de 1999.

Gómez-Erache, M., Martino, D., Defeo, O., Vincent, P., Acuña, A., Amestoy, F., et al. (2008). Capítulo 3: Zona Costera. *GeoUruguay* (pp. 118-176).

Hammer, Ø., Harper, D.A.T., Ryan, P.D. (2001). PAST: Paleontological Statics software package for education and data analysis. *Palaentologia Electronica* 4(1): 9 pp.

Huamaní-Astocazam, L.L., Chávez-Araujo, E.R., Sánchez-Araujo, V.G. y Sáez-Huamán, W. (2022). Evaluación de materia orgánica de la microcuenca del río Ichu, Perú. *Revista Universidad y Sociedad*, 14(2), 588-596.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2020). Censo de Población y Vivienda 2020. *INEGI*. Recuperado el 20 de junio de 2023 de: <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2021). Serie histórica censal e intercensal (1990-2010). *INEGI*. Recuperado el 20 de junio de 2023 de: <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/cpvsh/#Tabulados>

Kennish, M.J. (2000). Estuary Restoration and Maintenance: The National Estuary Program. *Boca Raton: CRC Press*.

Lara-Domínguez, A.L., Contreras-Espinosa, F., Castañeda-López, O., Barba-Macías, E. y Pérez-Hernández, M.A. (2011). *Lagunas costeras y estuarios. La Biodiversidad en Veracruz un estudio de caso* (pp. 297-313). CONABIO.

López-Portillo, J., y Ezcurra, E. (2002). Los manglares de México: una revisión. *Madera y Bosques*, 8(Es1), 27-51.

Martínez-Gómez, J. (1996)- Arroyo Moreno: su flora y Fauna. *México, Gobierno del estado de Veracruz y H. Ayuntamiento de Boca del Río*.

Méndez-Álvarez, J.C. (2013). Análisis del estado actual de conservación del área natural protegida Arroyo Moreno (Boca del Río, Veracruz), bajo un enfoque de intervención ecológica. *Universidad Veracruzana*. Veracruz, México.

Miranda-Vidal, J.F., Barba-Macías, E., Trinidad-Ocaña, C., y Juárez-Flores, J. (2016). Diversidad de crustáceos en la cuenca baja del río Papaloapan, Veracruz, México. *Hidrobiológica*, 26(3), 475-482.

Orozco, C., Pérez, A., Gonzáles, M.N., Rodríguez, F., Alfayate, J. (2005). Contaminación Ambiental. Una visión desde la química. *Thomson Editoriales Spain Paraninfo*.

Ortiz-Lozano, L., Arceo-Briseño, P., Granados-Barba, A., Salas-Monreal, D. y Jiménez-Badillo, M. (2010). Capítulo: Zona Costera. *Atlas del patrimonio natural, histórico y cultural de Veracruz* (pp. 124-146).

Pérez-Ruiz, M.A., Alcaraz, Z.T., Rangel-Avalos, M.A., Zea-de la Cruz, H. y Ortiz-Lozano, L. (2011). Principales problemáticas de la zona conurbada; Veracruz, Boca del Río y Medellín: causas y actores involucrados. *Informe Técnico, Manejo Integrado de Zonas Costeras* (tesis de maestría, Instituto de Ciencias Marina y Pesquerías, Universidad Veracruzana, México).

Potter, I.C., Warwick, R.M., Hall, N.G. y Tweedley, J.R. (2015). The physico-chemical characteristics, biota and fisheries of estuaries. *Freshwater fisheries ecology* (pp. 48-79).

Pradillo, B. (2016). Parámetros de control del agua potable. IAgua. Recuperado el 21 de junio de 2023 de: <https://www.iagua.es/blogs/beatriz-pradillo/parametros-control-agua-potable>.

Pritchard, D.W. (1967). What Is an Estuary?: Physical Viewpoint. *Estuaries*. AAAS, Washington DC.

Ray, G.C. (2005). Connectivities of estuarine fishes to the coastal realm. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* (pp. 18-32).

Rojas-Osorio, L.F. (2018). Caracterización fisicoquímica y bacteriológica de agua de consumo humano del centro poblado de San Marcos, Distrito de Chontobamba, Provincia de Oxapampa. Perú.

Roldán-Pérez, G.A. (2003). Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Propuesta para el uso del método BMWP/Col. *Editorial Universidad Antioquia*. Medellín, Colombia.

Salas-Monreal, D., Díaz-Hernández, A., Áke-Castillo, J.A., Granados-Barba, A. y Riverón-Enzástiga, M.L. (2020). Variación anual de los parámetros hidrográficos en la confluencia del río Jamapa y arroyo Moreno (México). *Intropica* 15 (1): Postprint. DOI: 10.21676/23897864.3402.

Sandoval-Huerta, E.R., Madrigal-Guiridi, X., Escalera-Vázquez, L.H., Medina-Nava, M. y Domínguez-Domínguez, O. (2014). Estructura de la comunidad de peces en cuatro estuarios del Pacífico mexicano central. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85: 1184-1196. DOI: 10.7550/rmb.42105.

SEDEMA (s.f.). Arroyo Moreno. Biodiversidad de Veracruz. Recupera el 22 de junio de 2023 de: <http://siaversedema.org.mx/areas-naturales-protégidas/arroyo-moreno-2/>.

SEMARNAP (Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca) (1997). "Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales". *Diario Oficial de la Federación*.

Serviqualita (2016). Densidad del agua. Serviqualita calidad y servicio. Recuperado el 21 de junio de 2023 de: <https://serviqualita.es/index.php/inicio/blog/item/150-densidad-del-agua>.

Sierra, J.P., Sanchez-Arcilla, A., Del Río, J.G., Flos, J., Movellan, E., Mosso, C., y Romero, I. (2002). Spatial distribution of nutrients in the Ebro estuary and plume. *Continental Shelf Research*, 22(2), 361-378.

Sierra-Ramírez, C.A. (2011). CALIDAD DEL AGUA. Evaluación y diagnóstico. Universidad de Medellín. Medellín, Colombia.

Whitfield, A.K. (1999). Ichthyofaunal assemblages in estuaries: A South African case study. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* (pp. 151-186).

Anexos

Anexo 1. Variación del oxígeno disuelto en los diferentes estratos de la columna de agua, meses y estaciones de muestreo estudiados en el estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz

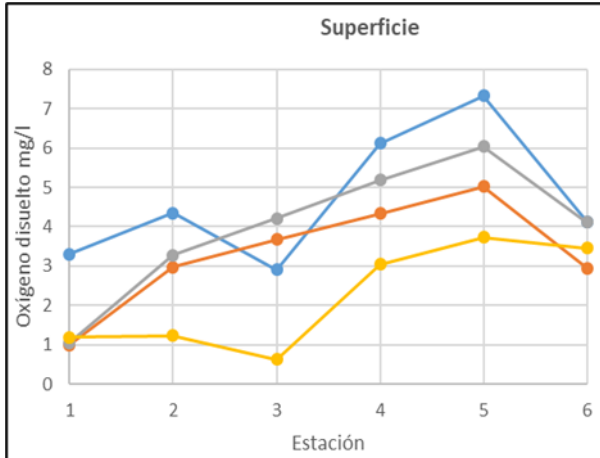


Figura 12 a. Variación del oxígeno disuelto en el estrato superficie de la columna de agua, en los meses y estaciones de muestreo estudiados en el estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.

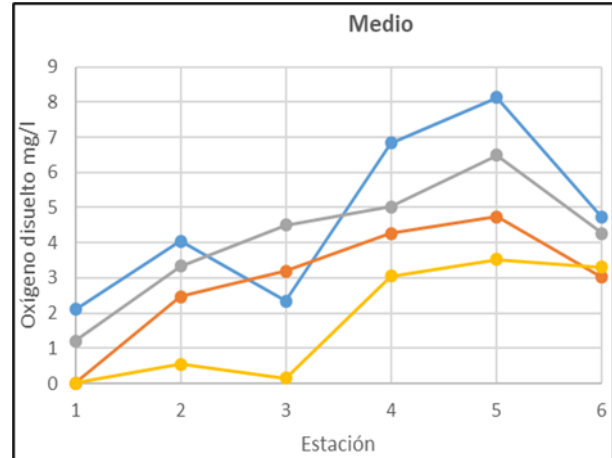


Figura 12 b. Variación del oxígeno disuelto en el estrato medio de la columna de agua, en los meses y estaciones de muestreo estudiados en el estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.

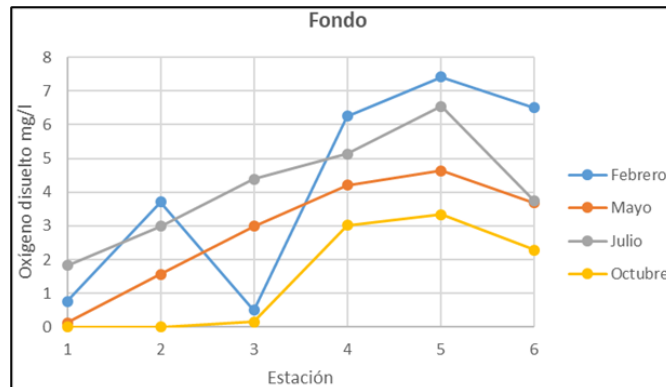


Figura 12 c. Variación del oxígeno disuelto en el estrato fondo de la columna de agua, en los meses y estaciones de muestreo estudiados en el estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.

Anexo 2. Variación de la temperatura en los diferentes estratos de la columna de agua, meses y estaciones de muestreo estudiados en el estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.

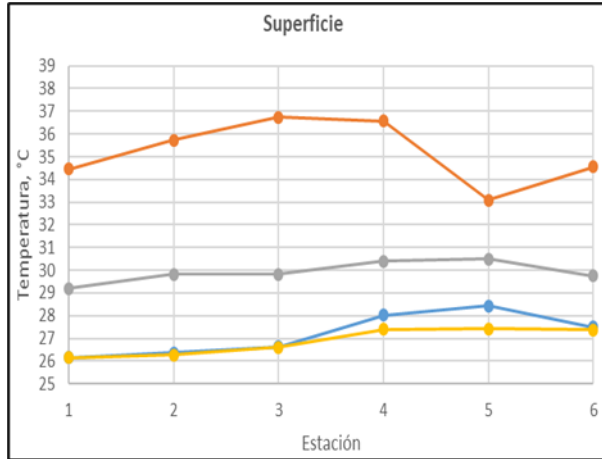


Figura 13 a. Variación de la temperatura en el estrato superficie de la columna de agua, en los meses y estaciones de muestreo estudiados en el estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.

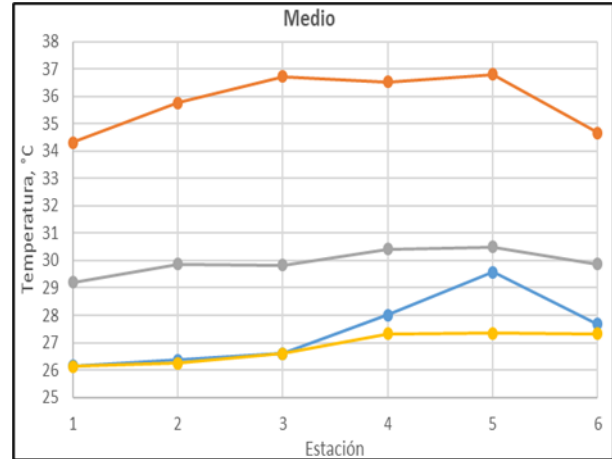


Figura 13 b. Variación de la temperatura en el estrato medio de la columna de agua, en los meses y estaciones de muestreo estudiados en el estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.

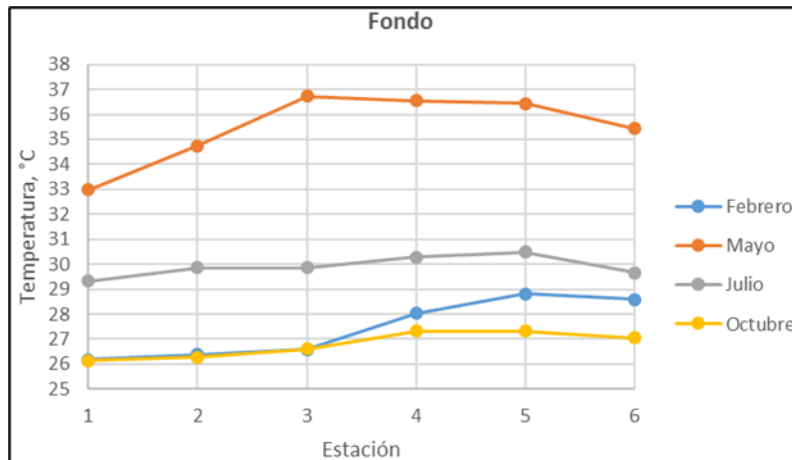


Figura 13 c. Variación de la temperatura en el estrato fondo de la columna de agua, en los meses y estaciones de muestreo estudiados en el estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.

Anexo 3. Variación de los sólidos totales en los diferentes estratos de la columna de agua, meses y estaciones de muestreo estudiados en el estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz

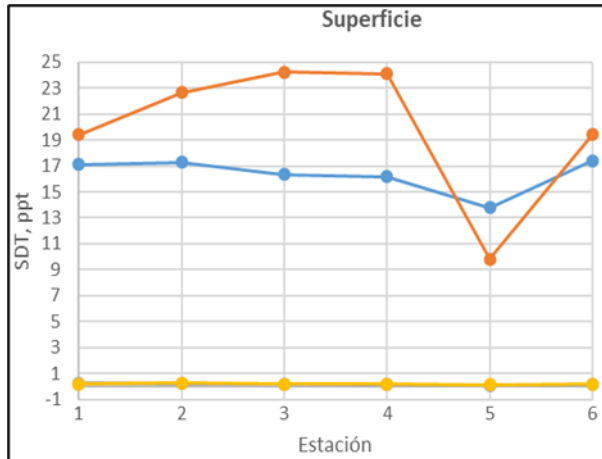


Figura 14.a Variación de los sólidos disueltos totales en el estrato superficie de la columna de agua, en los meses y estaciones de muestreo estudiados en el estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.

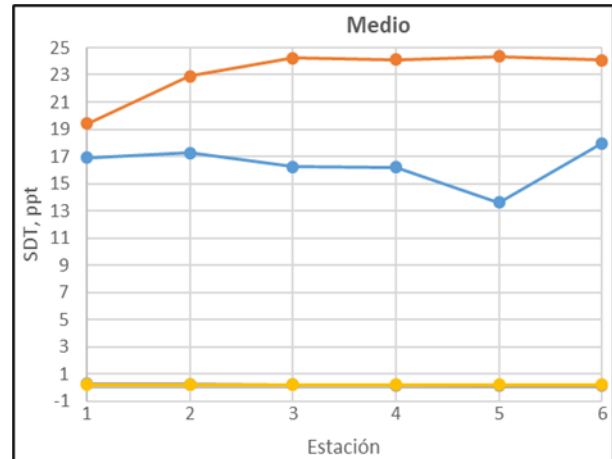


Figura 14.b Variación de los sólidos disueltos totales en el estrato medio de la columna de agua, en los meses y estaciones de muestreo estudiados en el estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.

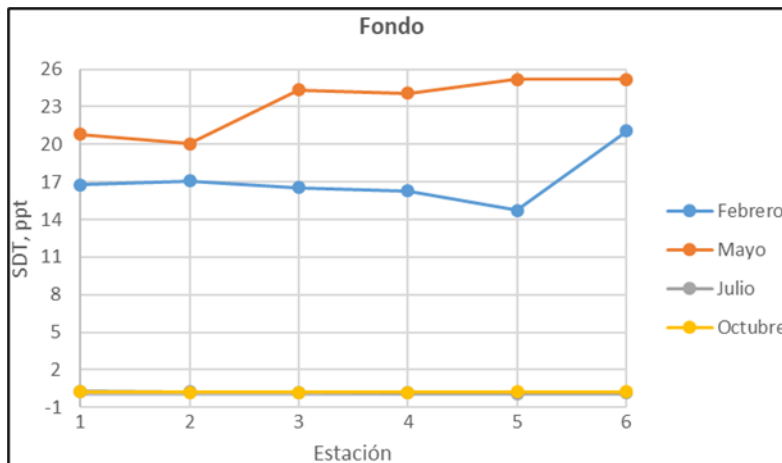


Figura 14. Variación de los sólidos disueltos totales en el estrato fondo de la columna de agua, en los meses y estaciones de muestreo estudiados en el estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.

Anexo 4. Variación de la salinidad en los diferentes estratos de la columna de agua, meses y estaciones de muestreo estudiados en el estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.

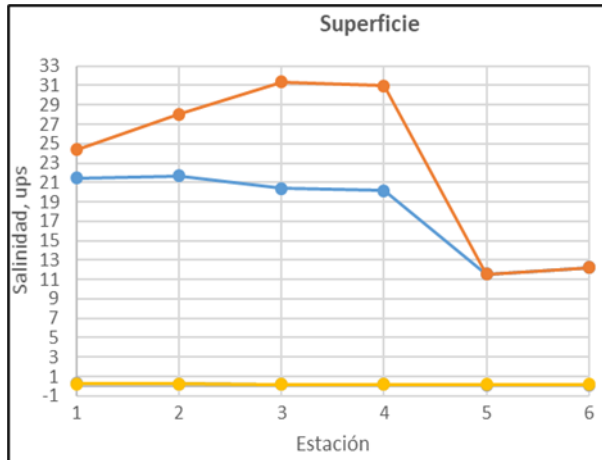


Figura 15.a Variación de la salinidad en el estrato superficie de la columna de agua, en los meses y estaciones de muestreo estudiados en el estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.

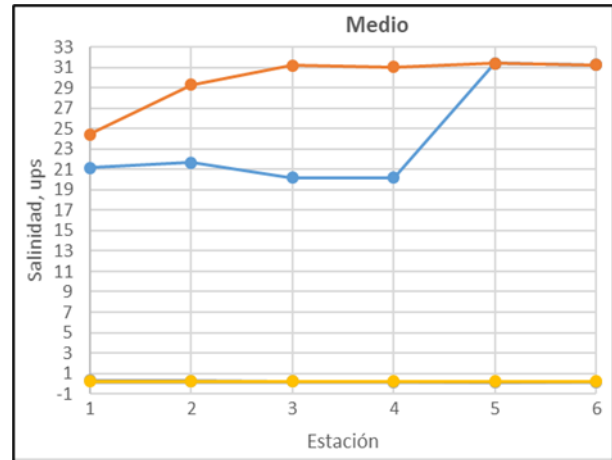


Figura 15.b Variación de la salinidad en el estrato medio de la columna de agua, en los meses y estaciones de muestreo estudiados en el estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.

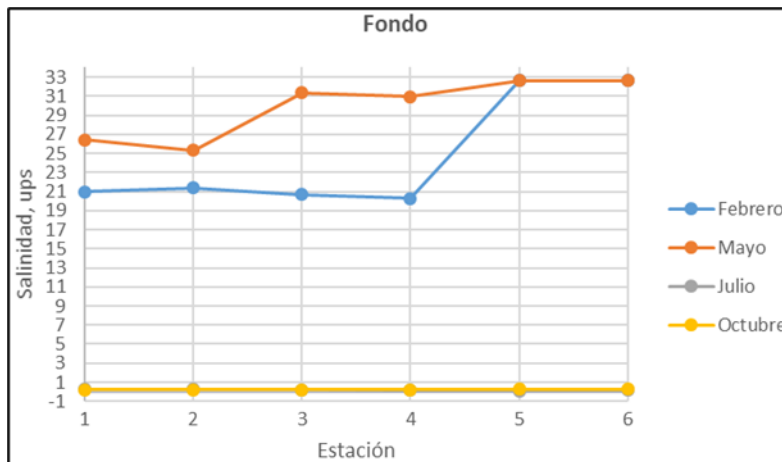


Figura 15.c Variación de la salinidad en el estrato fondo de la columna de agua, en los meses y estaciones de muestreo estudiados en el estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.

Anexo 5. Variación de la densidad en los diferentes estratos de la columna de agua, meses y estaciones de muestreo estudiados en el estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.

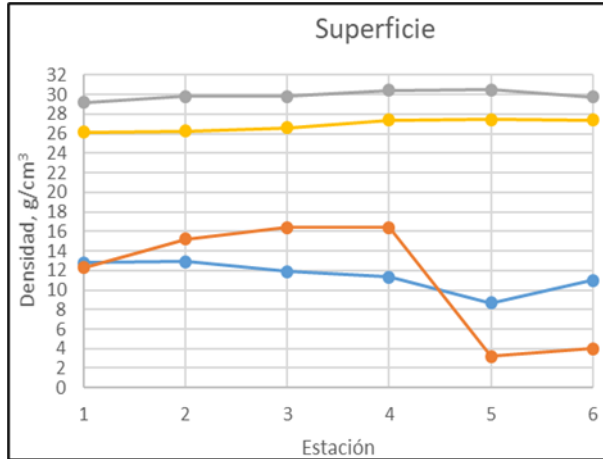


Figura 16a. Variación de la densidad en el estrato superficie de la columna de agua, en los meses y estaciones de muestreo estudiados en el estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.

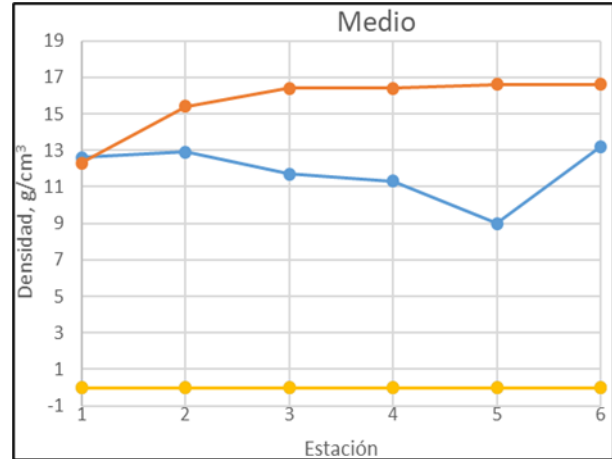


Figura 16b. Variación de la densidad en el estrato medio de la columna de agua, en los meses y estaciones de muestreo estudiados en el estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.

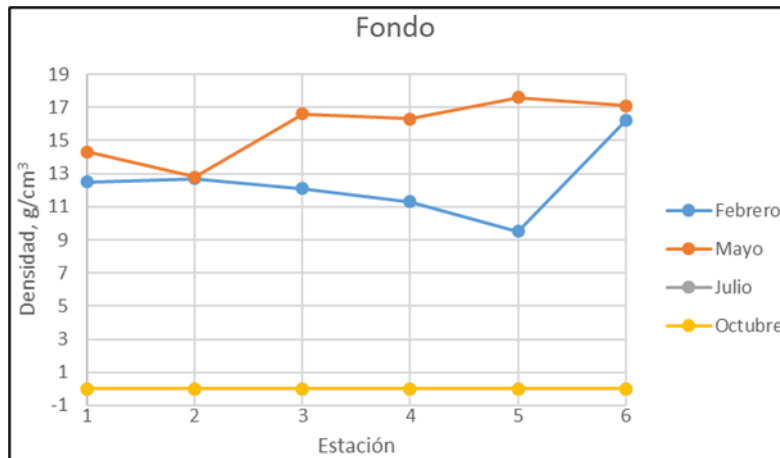


Figura 16c. Variación de la densidad en el estrato fondo de la columna de agua, en los meses y estaciones de muestreo estudiados en el estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.

Anexo 6. Variación del pH en los diferentes estratos de la columna de agua, meses y estaciones de muestreo estudiados en el estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.

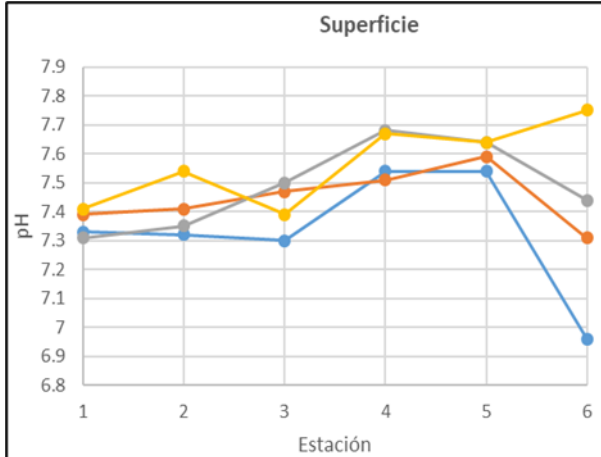


Figura 17a. Variación del pH en el estrato superficie de la columna de agua, en los meses y estaciones de muestreo estudiados en el estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.

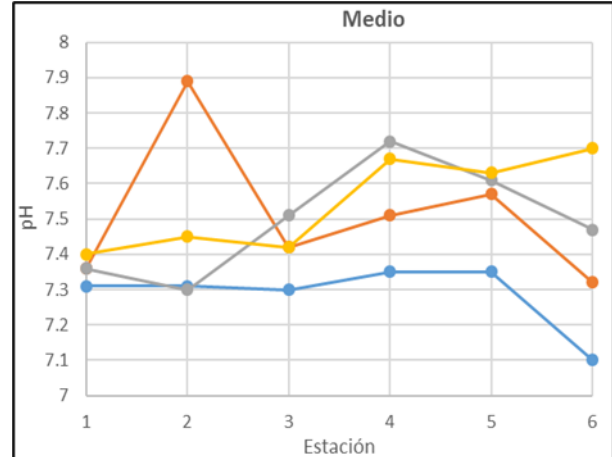


Figura 17b. Variación del pH en el estrato medio de la columna de agua, en los meses y estaciones de muestreo estudiados en el estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.

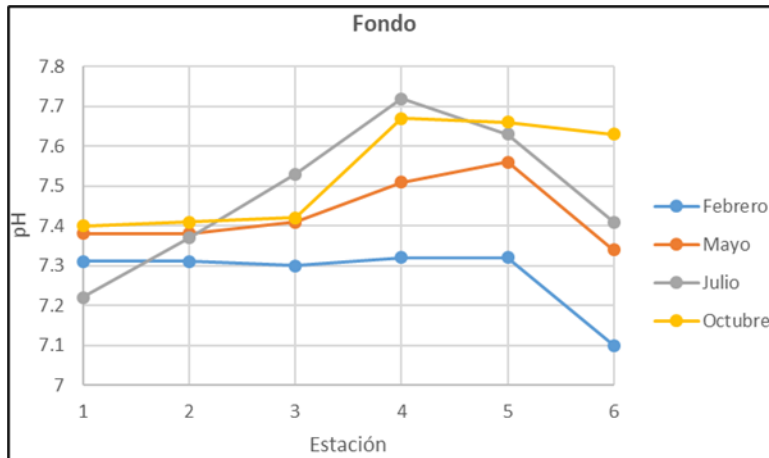


Figura 17c. Variación del pH en el estrato fondo de la columna de agua, en los meses y estaciones de muestreo estudiados en el estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.

Anexo 7. Parámetros físico-químicos registrados en el mes de febrero, en las diferentes estaciones y estratos de la columna de agua en el estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.

Febrero							
Estación	Estrato	OD (mg L ⁻¹)	Temperatura (°C)	SDT (ppt)	Salinidad (ups)	Densidad (g cm ³ ⁻¹)	pH
1	s	3.3	26.15	17.118	21.45	12.8	7.33
	m	2.11	26.16	16.89	21.14	12.6	7.31
	f	0.76	26.17	16.78	20.99	12.5	7.31
2	s	4.35	26.37	17.29	21.69	12.9	7.32
	m	4.04	26.37	17.27	21.66	12.9	7.31
	f	3.71	26.39	17.07	21.39	12.7	7.31
3	s	2.91	26.63	16.35	20.39	11.9	7.3
	m	2.34	26.61	16.22	20.21	11.7	7.3
	f	0.5	26.59	16.57	20.69	12.1	7.3
4	s	6.12	28.02	16.19	20.14	11.3	7.54
	m	6.84	28.02	16.2	20.19	11.3	7.35
	f	6.26	28.03	16.28	20.26	11.3	7.32
5	s	7.32	28.43	13.8	16.88	8.7	7.54
	m	8.13	29.58	13.6	18.1	9	7.35
	f	7.42	28.81	14.72	18.11	9.5	7.32
6	s	4.13	27.5	17.39	18.38	11	6.96
	m	4.72	27.67	17.98	22.62	13.2	7.1
	f	6.5	28.59	21.07	26.94	16.2	7.1

Anexo 8. Parámetros físico-químicos registrados en el mes de mayo, en las diferentes estaciones y estratos de la columna de agua en el estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.

Mayo							
Estación	Estrato	OD (mg L ⁻¹)	Temperatura (°C)	SDT (ppt)	Salinidad (ups)	Densidad (g cm ³ ⁻¹)	pH
1	s	1	34.45	19.39	24.39	12.3	7.39
	m	0	34.32	19.41	24.42	12.3	7.36
	f	0.13	32.97	20.82	26.45	14.3	7.38
2	s	2.98	35.74	22.64	28.04	15.2	7.41
	m	2.46	35.76	22.9	29.31	15.4	7.89
	f	1.57	34.75	20.06	25.31	12.8	7.38
3	s	3.68	36.73	24.21	31.36	16.4	7.47
	m	3.19	36.73	24.22	31.18	16.4	7.42
	f	2.99	36.73	24.34	31.36	16.6	7.41
4	s	4.33	36.56	24.08	30.99	16.4	7.51
	m	4.26	36.53	24.11	31.03	16.4	7.51
	f	4.2	36.54	24.07	30.96	16.3	7.51
5	s	5.02	33.09	9.802	11.53	3.2	7.59
	m	4.74	36.79	24.37	31.39	16.6	7.57
	f	4.64	36.43	25.21	32.63	17.6	7.56
6	s	2.95	34.56	19.455	12.23	4	7.31
	m	3.02	34.67	24.07	31.25	16.6	7.32
	f	3.68	35.43	25.21	32.6	17.1	7.34

Anexo 9. Parámetros físico-químicos registrados en el mes de julio, en las diferentes estaciones y estratos de la columna de agua en el estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.

Julio							
Estación	Estrato	OD (mg L ⁻¹)	Temperatura (°C)	SDT (ppt)	Salinidad (ups)	Densidad (g cm ³ ⁻¹)	pH
1	s	1.05	29.19	0.29	0.31	0	7.31
	m	1.2	29.21	0.294	0.31	0	7.36
	f	1.83	29.33	0.281	0.3	0	7.22
2	s	3.28	29.83	0.239	0.25	0	7.35
	m	3.34	29.87	0.233	0.25	0	7.3
	f	2.99	29.86	0.247	0.26	0	7.37
3	s	4.21	29.82	0.195	0.2	0	7.5
	m	4.51	29.84	0.199	0.21	0	7.51
	f	4.38	29.85	0.208	0.22	0	7.53
4	s	5.19	30.4	0.156	0.16	0	7.68
	m	5.03	30.42	0.158	0.17	0	7.72
	f	5.13	30.28	0.159	0.17	0	7.72
5	s	6.03	30.49	0.113	0.12	0	7.64
	m	6.49	30.49	0.109	0.11	0	7.61
	f	6.54	30.48	0.109	0.11	0	7.63
6	s	4.11	29.76	0.148	0.15	0	7.44
	m	4.27	29.87	0.142	0.15	0	7.47
	f	3.73	29.66	0.153	0.16	0	7.41

Anexo 10. Parámetros físico-químicos registrados en el mes de febrero, en las diferentes estaciones y estratos de la columna de agua en el estuario Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz.

Octubre							
Estación	Estrato	OD (mg L ⁻¹)	Temperatura (°C)	SDT (ppt)	Salinidad (ups)	Densidad (g cm ³ ⁻¹)	pH
1	s	1.19	26.16	0.209	0.22	0	7.41
	m	0	26.13	0.214	0.23	0	7.4
	f	0	26.13	0.216	0.23	0	7.4
2	s	1.23	26.26	0.295	0.22	0	7.54
	m	0.54	26.24	0.208	0.22	0	7.45
	f	0	26.26	0.21	0.22	0	7.41
3	s	0.63	26.61	0.187	0.2	0	7.39
	m	0.15	26.61	0.191	0.2	0	7.42
	f	0.15	26.61	0.192	0.2	0	7.42
4	s	3.05	27.39	0.195	0.21	0	7.67
	m	3.05	27.32	0.196	0.21	0	7.67
	f	3.02	27.32	0.197	0.21	0	7.67
5	s	3.73	27.43	0.168	0.18	0	7.64
	m	3.53	27.35	0.199	0.21	0	7.63
	f	3.33	27.32	0.255	0.27	0	7.66
6	s	3.45	27.37	0.184	0.19	0	7.75
	m	3.3	27.32	0.189	0.2	0	7.7
	f	2.28	27.04	0.238	0.25	0	7.63