



**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO  
TEMAPACHE**

---

**TITULACIÓN**

TESIS PROFESIONAL

*“CALIDAD SANITARIA DEL AGUA DE  
LA PLAYA DE TUXPAN, VERACRUZ”*

**PRESENTA**

ÁNGEL DE JESÚS MÁRQUEZ RODRÍGUEZ

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

INGENIERO AMBIENTAL

**DIRECTOR DE TESIS**

M.C. ROSA MARÍA MONROY LÓPEZ

## DEDICATORIA

Esta tesis la dedico a la persona que no tuvo la oportunidad de titularse por estar al pendiente de sus hijos, el ser que trabajo durante largas tardes y fines de semana bajo el sol, la lluvia y el frio, sin importar la enfermedad o el cansancio para conseguir dinero para salir adelante, mi ejemplo a seguir, quien me apoya incondicionalmente, mi confort para los días malos, y la persona que me da fuerzas para seguir día a día, la persona más importante de mi vida, te amo mamá.

A mi segunda madre y el pilar de la familia, mi abuela, María Esther, por mantenernos unidos y enseñarnos a salir adelante pese a cualquier situación que se nos presente, por cuidarnos durante incontables tardes y prepararnos desde muy pequeños para ser grandes hombres.

A mi progenitor, Zenon Marquez Hernandez, por enseñarme a ser responsable, y demostrarme que todo se puede hacer sin importar el estado físico o mental del cuerpo, gracias por ayudarme economicamente durante gran parte de la carrera.

A mis hermanos Leonardo y Mateo, por siempre ser mi compañía, por preocuparse por mi a su manera, por siempre escucharme, darme ánimos y aconsejarme, siempre estare para ustedes.

A Oscar Arturo por procurarme, apoyarme y sobre todo por enseñarme que si se puede ser un mejor ser humano cada día, no tengo palabras para describir lo agradecido que estoy contigo y lo bien que me haces sentir, jamás olvides lo mucho que vales.

***“Veni, vici, vidi”***

*“Vine, vi, venci”*

**-Julio Cesar (47 a. de C.)**

## AGRADECIMIENTOS

Primero que nada, quiero dar gracias a Dios por haberme sustentado a lo largo de la carrera, por haberme dotado de inteligencia y gracia, por poner a las personas correctas a mi lado, por siempre dejarme en lo alto y nunca en ridículo, así como dice tu palabra en Deuteronomio 28:13 “y te pondrá el Señor a la cabeza y no a la cola, solo estarás encima y nunca estarás debajo...”.

Al Instituto Tecnológico Superior de Álamo Tempache, así como a su personal docente, administrativo y de servicios, por abrirme las puertas a la institución cuando ya no tenía lugar para inscribirme y por formar, preparar y adiestrar cada año mejores y más completos ingenieros ambientales.

A la Maestra en Ciencias, Rosa María Monroy López, por creer en mí desde que me ofrecí como su prestador de servicio social, por guiarme, aconsejarme, y orientarme en momentos de incertidumbre, por transmitirme su conocimiento, brindarme su apoyo y aceptarme como su residente sin dudar de mis capacidades, la estimo mucho y más que mi asesor, una amiga.

A la Jurisdicción Sanitaria No. II de Tuxpan, pero en especial al M.V.Z. Genaro Miguel Cortez Gutiérrez por aceptarme dentro del departamento de regulación sanitaria y apoyarme durante toda mi estancia residencial y facilitarme las herramientas para la realización de este trabajo.

Ya por último quiero agradecer a todas mis amigas, familiares, compañeros de generación y personas que creyeron en mí desde muy pequeño, espero no haberlos decepcionado nunca y que todo el amor que compartieron al creer en que podría llegar muy lejos se les sea regresado, este es solo el inicio de las muchas cosas que puedo lograr.

Sin más. Este es el resultado de nuestro esfuerzo compartido....

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó en los meses de marzo a noviembre del año 2022, donde se evaluó la calidad sanitaria de la playa de Tuxpan, a través de la evaluación de enterococos y microorganismos presentes en el agua de playa de Tuxpan; para el área de estudio de enterococos se utilizaron nueve puntos de muestreo y los resultados fueron determinados a través de la técnica del sustrato cromogénico definido expresado en NMP, mientras que para los microorganismos se fijaron 12 puntos de muestreo, durante dos horarios, en la mañana y en la tarde, identificados de manera manual con ayuda de un microscopio en la oficina de Jurisdicción Sanitaria No.II de Tuxpan y el Centro de Industrial Alimentarias y Ambientales del Instituto Tecnológico Superior de Álamo Temapache. Los resultados presentaron un valor máximo de 61 NMP/ 100 ml durante el mes de noviembre y mínimo de <10 NMP/ 100ml, en cuanto a microorganismos se encontraron cuatro diferentes especies, Cuanophyceae, *Tripos brevis*, *Rotifera* y Ochrophyta, los organismos encontrados no representan un riesgo sanitario para los bañistas. La cantidad máxima de enterococos muestreados se considera apta para uso recreativo, en general el agua de la playa de Tuxpan no representa ningún riesgo por infección de enterococos o microorganismos.

## ABSTRACT

The present work was carried out in the months of March to November of the year 2022, where the sanitary quality of the Tuxpan beach was evaluated, through the evaluation of enterococci and microorganisms present in the Tuxpan beach water; For the enterococci study area, nine sampling points were used and the results were determined through the technique of the defined chromogenic substrate expressed in NMP, while for microorganisms 12 sampling points were established, during two hours, in the morning. and in the afternoon, identified manually with the help of a microscope at the office of Sanitary Jurisdiction No.II of Tuxpan and the Food and Environmental Industrial Center of the Higher Technological Institute of Álamo Temapache. The results presented a maximum value of 61 NMP/ 100 ml during the month of November and a minimum of <10 NMP/ 100ml, in terms of microorganisms four different species were found, Cuanophyceae, *Triplos brevis*, Rotifera and Ochrophyta, the organisms found do not represent a health risk for bathers. The maximum number of enterococci sampled is considered suitable for recreational use; in general, the water from the Tuxpan beach does not represent any risk due to infection by enterococci or microorganisms.

# ÍNDICE TEMÁTICO

<b>DEDICATORIA</b> .....	1
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	2
<b>RESUMEN</b> .....	3
<b>ÍNDICE TEMÁTICO</b> .....	5
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	6
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	7
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	8
<b>1.1 Antecedentes</b> .....	9
<b>1.2 Planteamiento del problema</b> .....	17
<b>1.4 Hipótesis</b> .....	18
<b>1.5 Objetivos generales y particulares</b> .....	18
1.5.1 Objetivo General.....	18
1.5.2 Objetivo específicos.....	18
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	19
<b>2.1 Generalidades de los litorales</b> .....	19
<b>2.2 Microorganismos</b> .....	24
2.2.1 Clasificación de los microorganismos.....	25
2.2.2 Microorganismos patógenos.....	25
2.2.3 Contaminación de playas y su relación entre crecimiento bacteriano.....	32
<b>3. ESTADO DEL ARTE</b> .....	33
<b>4. METODOLOGÍA</b> .....	36
<b>4.1 Descripción del área de estudio</b> .....	36
<b>4.2 Sitios de estudio</b> .....	37
<b>4.3 Toma de muestra</b> .....	40
4.3.1 Toma de muestra para la identificación de microorganismos.....	40
4.3.2 Toma de muestra para la cuantificación de Estreptococos.....	40
<b>4.4 Análisis de la muestra</b> .....	41
<b>4.5 Análisis estadístico</b> .....	42
<b>5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b> .....	43
<b>6. CONCLUSIONES</b> .....	47
<b>Referencias bibliográficas</b> .....	48

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Perfiles de la playa.....	22
Figura 2. Tipos de Pseudópodos: A) Rizópodo; B) Axópodo; C) Lobópodo; D) Filópodo. ....	27
Figura 3. Ubicación del estado de Veracruz y extensión litoral de Tuxpan.....	37
Figura 4. Sitios de muestreo de microorganismos. ....	38
Figura 5. Sitios de muestro de Enterococos.....	39

## ÍNDICE DE TABLAS

Cuadro 1. Contaminantes y fuentes que afectan la calidad del agua. ....	11
Cuadro 2. Organismos u patógenos indicadores y su concentración en aguas residuales sin tratar. ....	13
Cuadro 3. Florecimientos Algales Nocivos documentados en el estado de Veracruz. ....	14
Cuadro 4. Clasificación de las playas. ....	23
Cuadro 5 Tipos de reproducción de los protozoos. ....	27
Cuadro 6. Estudios relacionados con el tema de estudio. ....	33
Cuadro 7. Sitios de muestreo para microorganismos. ....	37
Cuadro 8. Puntos de muestreo para Enterococos. ....	39
Cuadro 9. Criterios para la clasificación de playas. ....	42
Cuadro 10. Guía de contaminación fecal en agua de mar según el valor de los enterococos. ....	42
Cuadro 11. Clasificación taxonómica de los microorganismos observados por sitio. ....	43
Cuadro 13. NMP/ 100 ml de enterococos en las playas de Tuxpan. ....	45
Cuadro 14. Análisis estadístico por día de muestreo. ....	45
Cuadro 15. Análisis estadístico por mes de muestreo. ....	45



# 1. INTRODUCCIÓN

La República Mexicana cuenta con una extensión litoral de 11,122 km, de los cuales 720 km se ubican en el estado de Veracruz (Martínez Reyes, 2021). De acuerdo a Soto y Geissert (2011), “el litoral Veracruzano representa 29.3% de la costa del Golfo de México y el 4.7% del total de la cuenca del Golfo de México”; Ortiz-Pérez (2006) menciona que las playas pertenecientes al municipio de Tuxpan, Veracruz forman parte de la región geomorfológica de Nautla, con 42 km de extensión. Dentro de esta extensión litoral las playas municipales pueden albergar 2,543 personas en un día, desempeñando actividades de recreación y descanso (Morales Quijano, 2019), tan solo en el año 2022 en el periodo vacacional de semana santa Ramón Ayala menciona que se recibieron aproximadamente 120 mil turistas.

León López (2015) afirma que la exposición de la población a aguas marinas contaminadas en las playas, produce 120 millones de casos de trastornos gastrointestinales y 50 millones de casos de enfermedades respiratorias por año. Las playas además de ser utilizadas como centro de recreación turística, contienen biomasa microscópica de diferentes especies. La mayoría de agentes patógenos están presentes en la arena y agua, ocasionando alta probabilidad de infección humano-parásito, especialmente por contacto directo y hábitos higiénicos deficientes (Manjarrez *et al.*, 2019); Mejía Maravilla (s.f.). afirma que las principales causas de contaminación de playas son las descargas de aguas residuales, drenajes deficientes o nulos, plantas de tratamiento ineficientes o sobrecargadas, residuos de botes y embarcaciones, residuos de personas y animales en la playa y arrastre de residuos por lluvias.

Actualmente en algunos países latinoamericanos como Argentina, Venezuela, Perú, Colombia, México, y Chile incluyen en sus monitoreos indicadores de calidad sanitaria de *Coliformes totales*, *Coliformes fecales* y en algunos casos *Enterococos* (DIGESA, 2011, como se citó en Manjarrez, 2019), excluyendo la búsqueda de microorganismos como parte de los parámetros que definen el estado sanitario de las playas, a pesar de que los resultados actuales reflejan parámetros que definen los estados sanitario de las playas, con motivo de preservar la importancia ecológica, turística y económica que las playas aportan al municipio

de Tuxpan, además de salvaguardar la salud de los usuarios que se exponen al agua de mar, el presente trabajo tiene como objetivo identificar los microorganismos presentes en el agua de mar de las principales playas recreativas de Tuxpan durante el periodo octubre - diciembre del año 2022.

## 1.1 Antecedentes

El desarrollo de la tecnología en los últimos años ha permitido la mejora continua de los procesos de recolección, almacenamiento, transporte e identificación de diversos individuos microscópicos que existen en nuestro alrededor, Mier y Terán-Suarez *et al.*, en el año 2006, menciona que cuando hay contacto directo con agua infectada se puede sufrir irritación en las vías respiratorias altas, dermatitis o afecciones oculares externas.

Santiago Bravo (2010) describe que las playas de Tuxpan, Veracruz albergan diversos tipos de hábitat, por lo que poseen gran variedad de especies vegetales y animales, gracias a esta diversidad se tienen características fisiográficas en estuarios, lagunas tipo albufera, humedales, manglares, marismas, pastizales, palmares, canales, dunas costeras, puntas rocosas, playas de concha y de arena con diferente textura y pendiente, por lo que pueden ser usadas para diversos fines recreativos o conservación. En este último aspecto, algunas playas son áreas de anidación de al menos tres especies de tortugas marinas como carey (*Eretmochelys imbricata*) y lora (*Lepidochelys kempii*), ésta última considerada como endémica y reportada en anidación para esta zona.

La mayoría de los usuarios de la playa son de origen nacional, con diversos rangos de edad, acompañados generalmente por su familia, durante fines de semana y periodos vacacionales. Bravo (2010) afirma que la falta de planeación de las actividades económicas (actividades turísticas, comerciales, industriales y poblacionales) ha ocasionado un impacto negativo en las playas. Debido a que se encuentran restaurantes y hoteles en la zona de dunas, terrenos ganados al mar sin áreas de vegetación nativa de amortiguamiento o protección contra los fenómenos meteorológicos y oceanográficos; así como andadores adoquinados en medio de la playa, siempre cubiertos con arena debido al transporte sedimentario natural de la zona.

En año 2004, Ávila Pérez describe el decreto de “riesgo sanitario” por parte de la Secretaria de Recursos Naturales (SEMARNAT) a dos playas del estado de Veracruz, Penacho del Indio e Iguanas II, debido a altas concentraciones de diversas bacterias entre las cuales destaca el *Enterococcus*.

Silva Cazares en el año 2011, hace referencia a los contaminantes y sus fuentes de origen que afectan la calidad del agua (Cuadro 1) así como los organismos o patógenos indicadores y su concentración en aguas residuales (Cuadro 2), evaluando la calidad del agua del mar recreacional de seis playas de la bahía de Santa Lucia de Acapulco, Guerrero, en diferentes épocas, horarios, y puntos de muestreo a través de monitoreo en los meses de julio y diciembre del año 2009 y abril del año 2010, dando como resultado la superación de los límites máximos permisibles de *Enterococcus* de las playas estudiadas en la época de lluvias en el horario de 15:00 y 17:00 horas, destacando la playa “Caletilla” que rebaso los límites máximos permitidos en todos los horarios y puntos de muestreo, afirmando que los puntos de mayor contaminación no siempre están cerca de una descargas de agua residual y pluvial.

Así mismo Silva (2011) agrupo los contaminantes dependiendo del impacto sobre los organismos del agua, comunidades y ecosistemas de la siguiente manera:

1. Sustancias causantes de impactos mecánicos (suspensiones, películas, desechos sólidos) que dañan los órganos respiratorios, sistema digestivo y habilidad receptiva de los organismos acuáticos.
2. Sustancias que provocan efectos eutróficos (compuestos minerales de nitrógeno y fósforo, y sustancias orgánicas) que causan crecimientos rápidos de fitoplancton y disturbios del balance, estructura y funciones de los ecosistemas acuáticos.
3. Sustancias con propiedades saprogénicas (descargas con alto contenido de materia orgánica de fácil descomposición) que causan una deficiencia de oxígeno seguido por mortalidad en masa de organismos acuáticos y aparición de microflora específica.

4. Sustancias que causan efectos tóxicos (metales pesados, hidrocarburos clorados, dioxinas y furanos) que dañan los procesos fisiológicos y funciones de reproducción, alimentación y respiración en organismos acuáticos.
5. Sustancias con propiedades mutagénicas (benzo(a)-pireno y otros compuestos aromáticos policíclicos, bifenilos) que causan efectos carcinógenos, mutagénicos, y teratogénicos.

Cuadro 1. Contaminantes y fuentes que afectan la calidad del agua.

Contaminantes y procesos	Descripción	Fuentes
Contaminantes orgánicos	Se descomponen en el agua y disminuyen el oxígeno disuelto, induciendo la eutrofización.	Fuentes industriales, domésticas, asentamientos humanos.
Nutrientes	Incluyen principalmente fosfatos y nitratos, su incremento en el agua induce a una eutrofización. Se originan desechos humanos y animales, detergentes y escorrentía de fertilizantes agrícolas.	Fuentes domésticas, industriales, escorrentía agrícola.
Metales pesados	Se originan principalmente alrededor de centros industriales y mineros. También pueden provenir de actividades militares a través de lixiviados.	Fuentes industriales, mineras, asentamientos humanos, actividades militares.
Contaminación microbiológica	Desechos domésticos no tratados, criaderos de animales ( <i>E. coli</i> , protistos, amebas, otros).	Fuentes municipales.
Compuestos tóxicos orgánicos	Químicos industriales, dioxinas, plásticos, pesticidas agrícolas, hidrocarburos de petróleo, hidrocarburos policíclicos generados de la combustión del petróleo. Compuestos orgánicos persistentes (POP) como químicos disruptores endocrinos, cianotoxinas, compuestos órgano estánicos de pinturas antiincrustantes.	Fuentes industriales, asentamientos humanos, escorrentía agrícola.
Químicos traza y compuestos farmacéuticos	Desechos hospitalarios peligrosas no removidos con tratamientos convencionales como disruptores endocrinos y carcinogénicos.	Industria química y farmacia. Partículas suspendidas.
Partículas suspendidas	Pueden ser orgánicas o inorgánicas y se originan principalmente de prácticas agrícolas y del cambio en el uso, como	Industria, asentamientos humanos, escorrentía

Contaminantes y procesos	Descripción	Fuentes
	deforestación, conversión de pendientes en pastizales, originando erosión.	agrícola y cambios en el uso de la tierra.
Desechos nucleares	Incluye a los radios núcleos utilizados en fines pacíficos.	Plantas nucleares, ensayos nucleares, desechos industriales.
Salinización	Se produce por la presencia de sales en los suelos y drenajes inadecuados. También ocurre por afloramiento de agua proveniente de zonas altas, donde se riega (lavado de sales).	Presencia de sales en los suelos, que aflora por carecerse de un buen drenaje, irrigación con agua salobre, agua de yacimientos secundarios de petróleo.
Acidificación	Está relacionada con un pH bajo del agua dado por la deposición sulfúrica producida por la actividad industrial y por las emisiones urbanas.	Fuentes industriales y fuentes municipales.

Fuente: Silva Cázares, N.S. (2011). *Estudio comparativo de la calidad del agua de mar en las playas de Acapulco*. [Tesis de Maestría, Instituto Politécnico Nacional].

Orduño Medrano en el año 2012, estudio la comunidad fitoplanctónica de la Laguna de Tampamachoco y el mar frente a Playa Azul y Barra Galindo, Tuxpan, Veracruz. Donde identificó 265 especies dividida en *Bacillariophyta sp.* con 59%, *Dinophyta sp.* con 33%, *Chlorophyta sp.* 8%, *Cianophyta sp.* y *Ochrophyta sp.* con una especie, las especies más abundantes fueron *Rhizosolenia imbricata*, *Thalassionema nitzschioides* y *Karenia brevis*, reportando mayor índices de diversidad en época de lluvias y con mayor abundancia en época de sequías en el mes de abril, así mismo añade que las variables como temperatura y salinidad son determinantes dado al aporte de nutrientes, y asocian a las temporadas de sequía y lluvia, lo cual rige el patrón de distribución del fitoplancton en la zona costera.

Cuadro 2. Organismos u patógenos indicadores y su concentración en aguas residuales sin tratar.

Patógeno/organismo indicador	Enfermedad/rol	NMP por 100ml
<b>Bacteria</b>		
<i>Campylobacter spp.</i>	Gastroenteritis	10 <sup>4</sup> -10 <sup>5</sup>
<i>Clostridium perfringens spores</i>	Organismo indicador	6x10 <sup>4</sup> - 8x10 <sup>4</sup>
<i>Escherichia coli</i>	Organismo indicador	10 <sup>6</sup> -10 <sup>7</sup>
<i>Streptococcus</i> (enterococo fecal/enterococo intestinal )	Organismo indicador	4.7x10 <sup>3</sup> - 4x10 <sup>5</sup>
<i>Salmonella spp.</i>	Gastroenteritis	0.2-8000
<i>Shigella spp.</i>	Disentería basilar	0.1-1000
<b>Virus</b>		
Poliovirus	Organismo indicador, poliomeilitis	180-500,000
Rotavirus	Diarrea y vomito	400-85,000
Adenovirus	Enfermedades respiratorias, gastroenteritis	No enumeradas
Hepatitis A	Hepatitis	No enumerados
<b>Protozoos parásitos</b>		
<i>Cryptosporidium parvum quistes</i>	Diarrea	0.1-39
<i>Entamoeba histolytica</i>	Disentería amebiana	0.4
<i>Giardia lamblia quistes</i>	Diarrea	12.5-20,000
<b>Helmitos</b>		
<i>Ascaris spp.</i>	Ascariasis	0.5-11
<i>Ancylostoma spp. y Necator spp.</i>	Anemia	0.6-19
<i>Trichuris spp.</i>	Diarrea	1-4

Fuente: Silva Cázares, N.S. (2011). *Estudio comparativo de la calidad del agua de mar en las playas de Acapulco*. [Tesis de Maestría, Instituto Politécnico Nacional].

Aké Castillo *et al.*, en el año 2014 realizó un recuento de Florecimientos Algales Nocivos (FAN) en el estado de Veracruz (Cuadro 4) destacando el proceso de eutroficación como la principal causa del aumento de los FAN, de igual forma reporta 29 especies de cianobacterias, diatomeas y dinoflagelados formadoras de FAN que fueron clasificadas en cuatro categorías: especies potencialmente tóxicas con abundancia alta, especies potencialmente tóxicas con baja abundancia, especies potencialmente nocivas con abundancia alta, y especies potencialmente nocivas con baja abundancia, las especies que más destacaron son *Karenia brevis* como el principal organismo que ha causado mareas rojas tóxicas y *Peridinium quinquecorne* como el principal organismos causante de mareas rojas no tóxicas.

Cuadro 3. Florecimientos Algales Nocivos documentados en el estado de Veracruz.

Especie	Localidad	Fecha	Autor
<i>Karenia brevis</i> (C. C. Davis) G. Hansen <i>et al.</i> , Moestrup	Veracruz, Veracruz	Octubre y noviembre 1955	Ramírez-Granados, 1963
<i>Karenia brevis</i>	Veracruz, Veracruz	1956	Cortés-Altamirano <i>et al.</i> , 1995 en Magaña <i>et al.</i> , 2003
<i>Asterionella notata</i> Grunow ex Van Heurck	Punta Limón	Marzo 1976	Santoyo & Signoret, 1988
<i>Ceratium furca</i> (Ehrenb.) Clap. et Lachm	Laguna Sontecomapan, Veracruz	Mayo y junio 1991	Guerra-Martínez y Lara-Villa, 1996
<i>Ceratium furca</i>	Laguna Sontecomapan, Veracruz	Mayo y junio 1992	Guerra-Martínez y Lara-Villa, 1996
<i>Karenia brevis</i>	Veracruz, Veracruz	1994	Cortés-Altamirano <i>et al.</i> , 1995 en Magaña <i>et al.</i> , 2003
<i>Karenia brevis</i>	Veracruz, Veracruz	1995	Cortés-Altamirano <i>et al.</i> , 1995 en Magaña <i>et al.</i> , 2003
<i>Karenia brevis</i>	Laguna Alvarado, Veracruz	1999	Méndez-Quintana <i>et al.</i> , 2011 <sup>a</sup>
<i>Karenia brevis</i>	Veracruz y Boca del Río	Noviembre y diciembre 2001	Cervantes-Cianca <i>et al.</i> , 2002
<i>Karenia brevis</i>	Veracruz, Veracruz	Diciembre 2001	Méndez-Quintana <i>et al.</i> , 2011 <sup>b</sup>
<i>Karenia brevis</i>	Veracruz, Veracruz	Finales de 2001- inicios de 2002	Arenas-Fuentes <i>et al.</i> , 2002

Espece	Localidad	Fecha	Autor
<i>Peridinium quinquecorne</i>	Veracruz, Veracruz	Octubre 2002	Observación de los autores
<i>Peridinium quinquecorne</i>	Veracruz, Veracruz	Octubre y noviembre 2002	Barón-Campis <i>et al.</i> , 2005
<i>Peridinium quinquecorne</i> var. <i>Trispiniferum</i> Aké-Castillo et Vázquez	Laguna Sontecomapan, Veracruz	Febrero 2003	Aké-Castillo y Vázquez, 2011
<i>Prorocentrum minimum</i> (Pavill.) J. Schiller	Laguna Sontecomapan, Veracruz	Junio 2003	Aké-Castillo y Vázquez, 2008
<i>Chaetoceros holsaticus</i> F. Schütt	Laguna Sontecomapan, Veracruz	Agosto 2003	Aké-Castillo y Vázquez, 2008
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Katz. y <i>C. cryptica</i> Reimann, Lewin et Guillard	Laguna Sontecomapan, Veracruz	Agosto 2003	Aké-Castillo y Vázquez, 2008
<i>Skeletonema subsalsum</i> A. Cleve et Bethge y <i>S.</i> <i>pseudocostatum</i> Medlin	Laguna Sontecomapan, Veracruz	Octubre 2003	Aké-Castillo y Vázquez, 2008
<i>Peridinium quinquecorne</i>	Veracruz, Veracruz	Mayo y agosto 2005	Campos-Bautista <i>et</i> <i>al.</i> , 2009
<i>Peridinium quinquecorne</i>	Veracruz, Veracruz	Mayo, agosto y octubre 2005	Okolodkov <i>et al.</i> , 2007
<i>Pseudo-nitzschia spp.</i>	Veracruz, Veracruz	Agosto y septiembre 2005	Okolodkov <i>et al.</i> , 2009
<i>Peridinium quinquecorne</i>	Veracruz, Veracruz	Junio, julio y agosto 2006	Okolodkov <i>et al.</i> , 2007
<i>Anabaena flos-aquae</i> G. S. West	Laguna Mandinga, Veracruz	septiembre 2006	Observación de los autores
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve	Coatzacoalcos, Veracruz	Octubre 2006	Montalvo-Arrieta y Peña-Manjarrez, 2007
<i>Peridinium quinquecorne</i>	Veracruz, Veracruz	Mayo, junio, agosto septiembre y octubre 2006	Campos-Bautista <i>et</i> <i>al.</i> , 2009
<i>Peridinium quinquecorne</i>	Veracruz, Veracruz	Abril y mayo 2007	Campos-Bautista <i>et</i> <i>al.</i> , 2009
<i>Trichodesmium</i> <i>erythraeum</i> Ehrenb	Veracruz, Veracruz	Octubre 2007	Aké-Castillo, 2011
<i>Peridinium quinquecorne</i>	Veracruz, Veracruz	Abril, mayo, junio y agosto 2008	Campos-Bautista <i>et</i> <i>al.</i> , 2009
<i>Peridinium quinquecorne</i>	Veracruz, Veracruz	Junio y julio 2009	Campos-Bautista <i>et</i> <i>al.</i> , 2009



Espece	Localidad	Fecha	Autor
<i>Karenia</i> sp. "Mexican hat" y <i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castrac.) Round	Veracruz, Veracruz	Enero 2010	Aké-Castillo <i>et al.</i> , 2010
<i>Trichodesmium erythraeum</i> y <i>T. thiebautii</i>	Veracruz, Veracruz	Mayo 2011	Observación de los autores
<i>Peridinium quinquecorne</i>	Veracruz, Boca del Río y Antón Lizardo	Agosto y septiembre 2011	Observación de los autores
<i>Pseudo-nitzschia</i> sp.	Boca del Río	Agosto 2011	Rodríguez-Gómez, 2013
<i>Peridinium quinquecorne</i>	Veracruz y Boca del Río	Julio a septiembre 2012	Observación de los autores

**Fuente:** Modificado de Aké Castillo *et al.*, (2014). Florecimientos algales nocivos en Veracruz: especies y posibles causas (2002-2012). *Golfo de México. Contaminación e impacto ambiental: diagnóstico y tendencia*, P. 133-146.

## 1.2 Planteamiento del problema

En el año 2010 la población del estado de Veracruz Ignacio de la Llave fue de 7,643,194 millones de habitantes, para el año 2020 la población creció a 8,062,579 millones de habitantes; 5.49% más que en el año 2010 de acuerdo con INEGI (2020). Este crecimiento demográfico ha provocado problemas de contaminación en el medio ambiente, lo que trae como consecuencia cambio de uso de suelo, generación de residuos sólidos y líquidos, contaminación atmosférica y agua (PAOT, 2000). Lozada Grajales (2017) destaca que la disponibilidad per cápita de agua en México ha disminuido de 18,035 m<sup>3</sup> en el año 1950 a 3,982 m<sup>3</sup> al año 2013.

Factores como el incremento demográfico, el aumento de la contaminación y la disminución per cápita del agua en México, tienen repercusión directa en la zona costera, ocasionando aumento de la materia orgánica, turbiedad, disminución de la concentración de oxígeno entre otras (Aké-Castillo *et al.*, 2014). Martín Sanjuan (2022), señala que las actividades acuáticas recreativas están relacionadas con 90 millones de enfermedades, los patógenos que se encuentran en piscinas, lagos, ríos y playas pueden provocar enfermedades graves, incluidas enfermedades gastrointestinales, hasta exposición a bacterias carnívoras. Estas enfermedades se pueden adquirir en playas recreativas que presenten condiciones insalubres (León, 2015).

En las playas del municipio de Tuxpan, existen diversos factores que modifican la calidad del agua recreacional de playa, de los cuales destacan dos que están relacionados entre sí, la falta de sistemas de drenaje para los asentamientos humanos que se encuentran aledaños a la zona costera e industrial y el aporte fluvial del río que lleva el mismo nombre del municipio que arrastra aguas residuales domésticas e industriales sin tratar, provenientes de la misma ciudad y de otras poblaciones situadas río arriba. Al no contar con un sistema de drenaje o tratamiento correcto de las aguas residuales los seres humanos están expuestos a la contaminación microbiana ocasionada por consumo de marisco contaminado o exposición recreacional y ocupacional a aguas marinas contaminadas (Santiago Bravo, 2010; Silva Cazares, 2011).

### **1.3 Justificación**

La calidad del agua para uso recreativo en centros turísticos es un factor para garantizar la protección de la salud de los usuarios, los análisis microbiológicos en agua marina y playas indican que las enfermedades de las mucosas, piel y digestivas asociadas con los bañistas están directamente relacionadas con los niveles de contaminación (COFEPRIS,2013). Por lo que el presente trabajo contribuye a la formación de antecedentes para la identificación de microorganismos en agua de mar de la playa de Tuxpan, Veracruz, a fin de identificar la calidad sanitaria de las playas y el potencial de riesgo en la salud pública.

### **1.4 Hipótesis**

Existe relación entre el nivel de organismos nocivos encontrados en el agua de playa del municipio de Tuxpan, Veracruz con respecto a la falta de sistemas de drenaje en el municipio de Tuxpan.

### **1.5 Objetivos generales y particulares**

#### **1.5.1 Objetivo General**

- Detectar la presencia de microorganismos en el agua de playa del municipio de Tuxpan del estado de Veracruz a través del monitoreo, durante el periodo agosto-diciembre del año 2022.

#### **1.5.2 Objetivo específicos**

- Identificar los microorganismos que pueden causar daño a la salud de turistas que visitan las playas de Tuxpan, Veracruz.
- Determinar los niveles de *Enterococcus sp.* presentes en el agua de la playa de Tuxpan, Veracruz.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Generalidades de los litorales

La línea costera que separa el mar de la tierra crea un ambiente único por los procesos que se desarrollan en él y los cambios que se producen. La palabra costa según Monkhouse (1978, como se citó en Suárez de Vivero, 2005) es la tierra que bordea la orilla del mar. Dentro de la costa existe la zona costera que se entiende como la franja en la cual el medio marino y el terrestre adyacente se constituyen en un sistema cuyos elementos interactúan entre sí (Casarín *et al.*, 2021).

En ocasiones el término costa suele usarse para definir el medio terrestre (emergido) frente al litoral que suele aplicarse preferentemente al medio marino, por tanto, las nociones de costa como la de litoral hacen referencia a una franja estrecha, en muchos casos limitada al espacio intermareal (Suárez, 2005).

Actualmente el término litoral se entiende como espacios donde ocurre una compleja interacción entre los elementos y factores oceánicos y terrestres, condicionados por acciones atmosféricas, hidrogeomorfológicas, geológicas y modificado por las formas de ocupación humana.

En el litoral existe una gran variedad de geoformas y sistemas morfogénicos derivados de las estructuras geológicas, de las condiciones bioclimáticas pasadas y actuales, de los cambios del nivel del mar, disponibilidad de sedimentos para la formación de playas (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2010).

De acuerdo a Suarez de Vivero (2005) los litorales presentan componentes físicos y biológicos a través de cortes longitudinales distribuidos de tierra a mar en el siguiente orden, cuencas vertientes que drenan directamente en las aguas costeras, acantilados/dunas, marismas, playa y provincia nerítica/plataforma continental.

Como parte del sistema litoral, inmersa dentro de la zona costera, la playa constituye uno de los activos medioambientales más importantes de los recursos costeros. No sólo acostumbra a ser la base de la actividad turística, sino que es soporte de riqueza biológica e instrumento eficaz a la hora de llevar a cabo una política de protección de costas (Yepes, 1999).

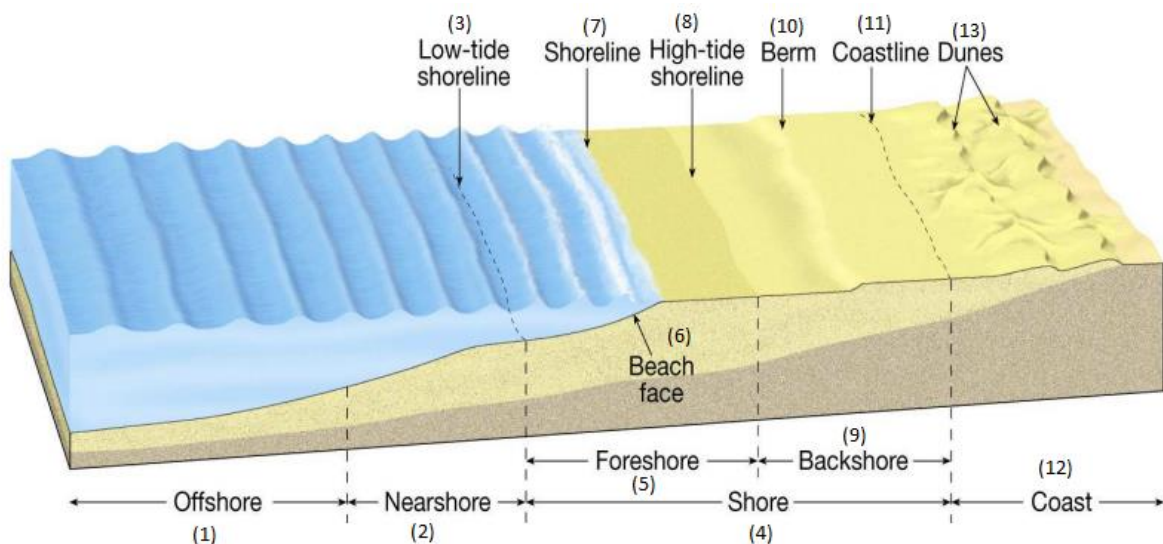
De acuerdo a Komar (1976, como se citó en García, 2017) las playas son una acumulación de sedimento no consolidado que se extiende desde la bajamar media inferior hasta algún rasgo característico de tierra como puede ser una duna, acantilado o vegetación permanente. Por otro lado, la manera interdisciplinaria de conceptualizar el término playa es como unidades geomorfológicas que interaccionan con el aire, agua y arena en un ambiente dinámico y ecológicamente sensible a cambios originados naturalmente o modificados, presentes en la mayoría de las costas (García, 2017).

La morfología y características sedimentarias de las costas dependen, principalmente, de las olas, que constituyen los fenómenos más energéticos. En este sentido, los cambios de la morfología de las playas están relacionados con la energía de la ola incidente, la que es distribuida a lo largo del perfil (Milanés y Acosta, 2021). Los perfiles de playa constituyen un instrumento que permite evaluar el estado y los cambios en las playas arenosas y es de gran utilidad en la gestión y la recuperación de playas. La forma de los perfiles es resultado de complejos procesos de transporte y acumulación y en ella subyace información de gran utilidad para el estudio de la dinámica de las costas (Zetina *et al.*, 2008). De acuerdo a Ibarra y Belmonte (2017) el perfil de la playa (figura 1) se puede clasificar de la siguiente forma:

- Offshore: zona litoral situada mar adentro, que no suele estar afectada por el oleaje excepto durante periodos de tormenta.
- Nearshore: es la zona ocupada por los sistemas de barras y surcos. Cuando no hay barras presentes, el nivel de base del oleaje se convierte en el límite inferior. Se pueden distinguir tres perfiles: Breakerzone (Zona de ruptura): La sección en la que el oleaje llega desde el offshore y con la proximidad del fondo, comienza a perder estabilidad y romper; *Surf Zone* (Zona de surf): área en la que el oleaje avanza hacia la playa formando un resalte (bore) en el frente de ola; *Swash Zone* (Zona de derrame): La zona

del nearshore donde, tras la rotura de la ola, el agua asciende por el beachface y posteriormente retrocede hacia el mar por el efecto de la gravedad.

- Shore: es la extensión de terreno comprendido entre la zona de marea baja y zonas afectadas por temporal.
- Foreshore: parte de la playa que se encuentra entre los límites de las mareas bajas y las altas. Puede coincidir con el *beachface* o bien contener algo de la porción plana del perfil de playa.
- Beachface: se desarrolla a lo largo del perfil de la pendiente bajo la primera berma.
- Shoreline: la orilla, es la intersección entre el agua y la tierra. Su localización varía con las mareas.
- Backshore: se trata de la zona de perfil de la playa ubicada entre la pendiente del foreshore hasta el punto en donde se asienta la vegetación o existe un cambio fisiográfico como la presencia de dunas o un acantilado. En condiciones normales es seco, aunque se puede exponer al oleaje en casos extremos.
- Berm: depósito de sedimento situado en la playa que presenta una sección triangular que comienza en la pendiente del beachface que, a partir de la zona superior, desciende suavemente hacia tierra o queda coronada por una forma plana conocida como *berm top*.
- Coastline: es el límite externo de la zona de litoral.
- Coast: se extiende hasta donde haya estructuras relacionadas con el océano.
- Dunas: Las dunas costeras son ecosistemas terrestres únicos situados en la transición entre ambientes continentales y marinos.



[1] Zona de preribera (Offshore), [2] Ribera cercana (Nearshore), [3] Costa de marea baja (Low-tide shoreline), [4] Litoral (Shore), [5] Playa baja (Foreshore), [6] Frente de playa (Beach face), [7] Línea de orilla (shoreline), [8] Costa de marea alta (High-tide shoreline), [9] Playa alta (Backshore), [10] Berma (Berm), [11] Línea costera (Coastline), [12] Costa (Coast), [13] Dunas (Dunes).

Figura 1. Perfiles de la playa.

**Fuente:** Modificado de *Universidad de Alcalá (s.f.). GEOLOGÍA FÍSICA II.LAS FORMAS DEL RELIEVE* [Diapositiva de PowerPoint].

Debido a que los perfiles no se mantienen fijos y en una posición, cambian su configuración a lo largo del tiempo, al continuo cambio de forma, se le denomina variabilidad. El origen de la variabilidad de una playa que se encuentra en la propia génesis de la misma, se puede decir que la modificación o configuración de una playa surge como resultado de la interacción de las dinámicas actuantes (oleaje, viento, marea, entre otros) con los contornos existentes (batimetría, costa, entre otros) y la arena disponible (Medina, 1995).

Uno de los rasgos más característicos de las playas es sin duda su variabilidad, al ser espacios tan dinámicos, pero también dan lugar a la facilidad y vulnerabilidad frente a cambios morfológicos. No obstante, estos espacios son modificados por la acción y el comportamiento de sus usuarios (Mir-Gual, 2009). Por lo que se entiende que cada playa presenta variaciones en sus perfiles de acuerdo a los factores naturales y antropogénicos de las zonas donde se encuentren situadas (Cuadro 4).

Cuadro 4. Clasificación de las playas.

Autores	Modo de clasificación	Clasificación de las playas	Descripción
Silva <i>et al.</i> , 2007	Según los usos de la costa	Uso residencial del suelo	Son espacios donde se dictan los criterios y zonas específicas para la urbanización de los asentamientos poblacionales.
		Explotación de los recursos bióticos y abióticos.	Las actividades más comunes involucradas en la explotación de los recursos bióticos se relacionan con la pesca y acuicultura, mientras que la explotación de los recursos abióticos se refiere principalmente a las actividades extractivas de petróleo, gas y minerales.
		Construcción de infraestructura	Relacionadas a las instalaciones portuarias donde se realice transporte marítimo de mercancías y pasajeros, actividades pesqueras y recreativas (puertos pesqueros, deportivos y marinas).
		Turismo y actividades recreativas	Esta categoría se refiere a la explotación de la zona costera para actividades de placer y ocio.
		Conservación y protección de la biodiversidad.	Se refiere a la regulación estricta de los cambios de uso de suelo, que da como resultado la degradación ambiental de la costa o del agotamiento de los recursos naturales.
	Según sus fines recreativos	Parte emergía	Zona donde se realizan las actividades recreativas como: tomar el sol, convivir con otras personas, caminar, descansar, entre otras.
		Parte sumergida	Comprende la parte inferior de la playa (se le conoce como área de baño), y además se pueden llevar a cabo las diferentes actividades recreativas acuática.
Ibarra y Belmonte, 2017.	Según su acumulación de sedimentos	Playas rocosas	Son aquellas playas donde los cambios ocurren de manera lenta a escala temporal humana debido a sus sedimentos rocosos.
		Playas arenosas	Comprende de las costas que cambian con gran facilidad debido a su suelo arenoso.



Autores	Modo de clasificación	Clasificación de las playas	Descripción
	Cambios en los niveles anteriores del nivel del mar	Costa emergente	Costa que ha experimentado un descenso del nivel por efectos relacionados con el cambio de nivel del mar global o elevaciones locales.
		Litoral sumergido	Aquel en el que el nivel del mar ha aumentado, por causa de cambios globales del nivel del mar, subsidencia local o equilibrios isostáticos.
Silva, R. 2014	Según el tipo de costa	Costas primarias (procesos no marinos).	Costas erosivas, como las costas de ría, y costas deposicionales, como las deltáicas y las que presentan grandes campos de dunas.
		Costas secundarias (formadas por procesos marinos).	Costas erosivas rectas (acantilados), costas deposicionales como las costas de barrera, y costas colonizadas por organismos como arrecifes de coral, manglares y pastos marinos

Fuente: Elaboración propia

## 2. 2 Microorganismos

Los microorganismos fueron descubiertos por Antonie Van Leeuwenhoek hace 300 años, a través de un microscopio primitivo, describió “pequeños animáculos” a lo que actualmente se conoce como microorganismos. Los microorganismos son los seres más primitivos y numerosos que existen en la Tierra, colonizan todo tipo de ambiente y son vitales en todos los ecosistemas, están en interacción continua con plantas, animales y hombre (Montaño *et al.*, 2010).

La manera sencilla de definir a los microorganismos es “organismos pequeños, que solo pueden ser vistos a través de un microscopio, estos organismos pueden ser uni o pluricelulares, eucariotas o procariotas y estudiados específicamente por una rama de la ciencia biológica que es la microbiología” (Vargas Flores y Villasante Condori, 2014; Cárdenas Castellar *et al.*, 2019).

### 2.2.1 Clasificación de los microorganismos

Vargas y Villasante (2014), mencionan que la primera clasificación tras el desarrollo del microscopio fue la agrupación propuesta por Whittaker en el año de 1969, que incluía los cinco reinos animales:

- Monera: se encuentran los organismos procariontes.
- Protista: son los organismos eucariontes unicelulares.
- Fungí: se encuentran todos los hongos pluricelulares.
- Plantae: corresponden al reino vegetal con excepción de los hongos.
- Animalia: dentro de este reino se encuentran los organismos pertenecientes al reino animal.

Posteriormente en el año 1978 Woese propone un nuevo sistema que incluye tres dominios: bacteria que incluye a procariontes que contienen peptidoglucano en su pared celular, Arquea constituidas por procariontes que no contienen peptidoglucano en su pared celular y Eukarya formado por todos los eucariotes. Basados en la estructura lipídica de la membrana, sensibilidad en cuanto a los antibióticos y la diferencia existente en el ARN ribosómico. Con el paso del tiempo la formalización de la ciencia y la tecnología dieron pie a la rama de la ciencia biológica que estudia los microorganismos; la microbiología propone una clasificación principal basada en cuatro grupos bacterias, virus, hongos y parásitos.

### 2.2.2 Microorganismos patógenos

Los microorganismos que causan enfermedades en los seres humanos se conocen como microorganismos patógenos, su principal característica es que no se pueden ver sin un microscopio (Martin, E.M., 2014).

#### 2.2.2.1 Protozoarios

Los protozoarios son los microorganismos patógenos más comunes. Según Mayén Estrada *et al.*, (2016) un protozoario o un protozoo es un organismo unicelular eucariota con

mitocondrias, capacidad para fagocitar y sin pared celular. Fueron descubiertos en el siglo XVII por Anton Van Leeuwenhoek y actualmente se consideran integrantes de dos reinos en el dominio Eukarya: reino Protozoa y reino Archezoa. No existe un estimado preciso de las especies protozoos descritas, en el año 2006 se estimaron que existen 581 especies de ciliados.

La fisiología de los protozoos es diversa, existen tres mecanismos de movimiento para su locomoción: A) Pseudópodos son aquellos con estructuras temporales capaces de arrastrarse en una dirección determinada; de acuerdo a su morfología (Figura 2) pueden ser a) Lobópodos que son pseudópodos anchos, gruesos, redondeados y no muy grandes que se presentan en número escaso; propios de las amebas, b) Filópodos largos filiformes y numerosos, c) Rizópodos finos, ramificados y anastomosados, del cual destaca una porción interna reticular y una externa más fluida por la que circulan gránulos, d) Axópodos se disponen radialmente y son más o menos rígidos, largos y sin ramificar; B) Cilios o flagelos este desplazamiento se produce gracias al movimiento de las estructuras y membranas ondulantes asociadas y C) Arrastre o Gliding es el tipo de locomoción más frecuente entre protozoos, se lleva a cabo mediante contracciones y extensiones del cuerpo del protozoo en presencia de un determinado sustrato a manera de acordeón.

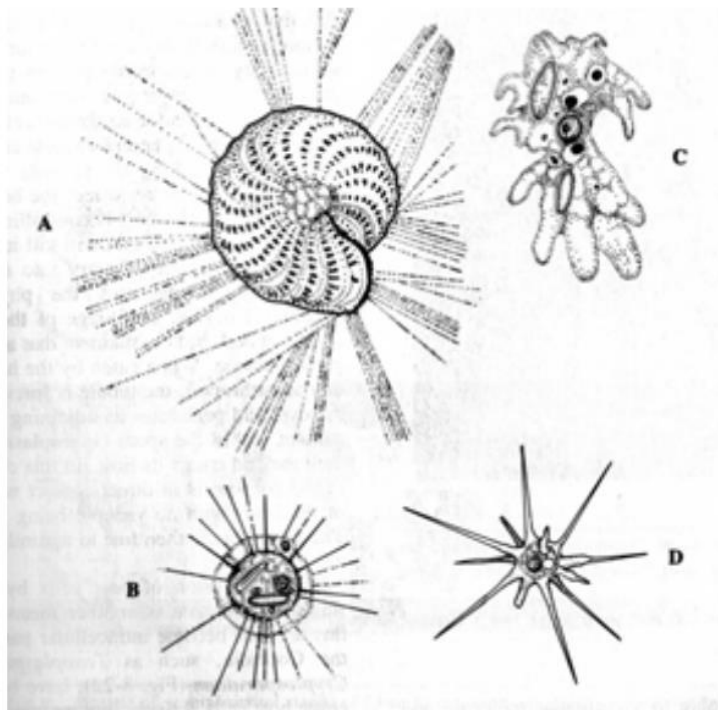


Figura 2. Tipos de Pseudópodos: A) Rizópodo; B) Axópodo; C) Lobópodo; D) Filópodo.

Fuente: T. 4. GENERALIDADES DE PROTOZOOS. (s.f.). universidad de las palmas de gran canaria.  
<https://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/36/36488/t4curso0607.pdf>

Los protozoos parásitos son heterótrofos, es decir, el material para subsistir lo obtiene del medio en el que viven y desarrollan una nutrición holozoica mediante ingestión de sustancia de otros organismos o de ellos mismo por lo general esta es mediante estructuras temporales o permanentes semejantes a una boca; cuando se realiza a través de la membrana plasmática se denomina nutrición saprozoica (T. 4. GENERALIDADES DE PROTOZOOS, s.f.). En los protozoos existen dos tipos de reproducción que se ven simplificados en el cuadro 5.

Cuadro 5 Tipos de reproducción de los protozoos.

Asexual	Sexual
Fusión binaria o simple: se refiere a una célula que se divide dando dos células hijas. Puede ser al azar cuando el protozoo no es simétrico, simetrogónica, si se sigue un plano longitudinal e Homotetogónica, si el plano de división es transversal.	Los ciliados son los únicos que se reproducen por conjugación, consiste en aparearse e intercambiar material nuclear, para después separarse y ocurre la reorganización nuclear.

Asexual	Sexual
<p>Gemación: A partir de la célula madre se forma una yema a la que emigra del núcleo un hijo, puede ser Exógena, cuando las células llenas se forman en el exterior de la madre e Endógena típica de coccidios con fases tisulares en dos modalidades endodiogenia donde cada zoito (célula) que se divide produce dos células dentro de la membrana citoplasmática de la madre y Endopoligenia cuando cada zoito da lugar simultáneamente a varios zoitos.</p>	<p>Para el resto de los protozoos la reproducción sexual es Anfímitica, es decir, mediante la unión de gametos haploides o pronúcleos de fecundación, procedentes de individuos separados.</p> <p>Para el resto de los protozoos a excepción de los cilios, la Singamia, es la fusión de gametos, es decir células segregadas como gametos que se fusionan entre sí. En los protozoos, al no haber separación entre lo somático y lo germinal, en un momento dado todo el organismo se transformará en gamonte, originando un gameto femenino o varios masculinos. Cuando los gametos sean iguales se llamará <i>isogamia</i>, cuando son diferentes se llama <i>anisogamia</i>, cuando el más pequeño y móvil el gameto se llama <i>microgameto</i>, para el más grande e inmóvil <i>macrogameto</i>.</p>
<p>Esporulación, sucede comúnmente en diplomonádidos y amebas. El quiste, al madurar y hacerse infectante, divide su núcleo. De él emergen dos o varios trofozoítos fundadores.</p>	

Fuente: Modificado de Fuente: T. 4. GENERALIDADES DE PROTOZOOS. (s.f.). universidad de las palmas de gran canaria. <https://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/36/36488/t4curso0607.pdf>

#### 2.2.2.2 Fitoplancton

Darley (1987 como se citó en Popovich, 2004) define el Fitoplancton como todos los organismos fotosintéticos que flotan o que presentan un movimiento relativamente pasivo en los ambientes marinos y de agua dulce. López Magaña en el año 2016 afirma que estos organismos microscópicos constituyen el primer nivel trófico de los océanos, dicho de otro modo, son el sustento de manera directa o indirecta de la vida del resto de los organismos marinos, además de constituir de forma fundamental en el ciclo del carbono. Al ser organismos autótrofos (que realizan fotosíntesis) se encuentran en la zona superficial de los océanos y hasta la región donde penetran los rayos solares (0-200m), conocida como capa eufórica.

Algunos factores como las corrientes marinas, los procesos físico-químicos, la disponibilidad de nutrientes o luz y la surgencia de aguas profundas ricas en nutrientes hacia la superficie

salina son la clave para la supervivencia de este grupo, en ocasiones cuando las condiciones son ideales para el desarrollo, el fitoplancton tiende a incrementar su abundancia, a este fenómeno se le conoce como florecimiento algal. Los florecimientos algales pueden llegar a ser nocivos cuando proliferan especies productoras de amonio, mucilago, espumas, polisacáridos, alelopáticos y toxinas marinas que al ser ingerida por otros organismos pueden causar daños diversos o incluso la muerte este evento en particular se le conoce como marea roja o Florecimiento Algales Nocivos (FAN) (López Magaña, 2016).

De acuerdo a Olivia *et al.*, (2014) el fitoplancton juega un papel muy importante como base de las redes tróficas además de contar como indicadores de la calidad del agua, se pueden agrupar en picoplancton (0.2-2  $\mu\text{m}$ ), nanoplancton (2-20  $\mu\text{m}$ ), microplancton (20-200  $\mu\text{m}$ ) y mesoplancton (200-2 000  $\mu\text{m}$ ) de acuerdo al tamaño de los organismos que componen el fitoplancton.

Las características fisiológicas y morfológicas de los organismos fitopláctones aún siguen siendo estudiada en diversos trabajos debido a la complejidad de la sistemática de los diversos grupos que forman parte del fitoplancton. Un carácter primario que diferencia los grupos de algas es la distribución espacial (geográfica y vertical), sus contribuciones a la biomasa total y la más importante el análisis de los pigmentos fotosintéticos, este último es de gran utilidad para reconocer grupos taxonómicos (Hernández *et al.*, 2015).

A continuación, se describe de manera general las características morfológicas de los distintos grupos taxonómicos que conforman el fitoplancton según Hernández- Becerril, D.U (2014).

- *Cyanobacteria*. Son organismos procariotas ancestrales, fotosintéticos y relativamente sencillos, cuyas formas en el fitoplancton marino pueden ser filamentosas en cadena (tricomatas), cadenas de células cocoides o células esféricas, y pertenecen al microplancton o al picoplancton, debido a sus diferentes tallas. Algunas de sus especies son los organismos más abundantes en el planeta y contribuyen de manera importante a la productividad planctónica marina y a los ciclos de carbono y nitrógeno,

mientras que otras especies están asociadas de manera simbiótica con organismos eucariotes, y otras producen toxinas de interés en la salud humana y la fauna marina.

- *Chlorophyta* y *Prasinophyceae*. Este grupo está compuesto de microalgas verdes ancestrales, fotosintéticas, unicelulares, con una gran variedad de formas (desde cocoides, ovoides, hasta en forma de corazón), y tallas (pertenecientes al nano o picoplancton), con o sin flagelos y en general con escamas orgánicas externas muy ornamentadas.
- *Euglenophyta*. Las formas planctónicas marinas de este grupo son flageladas, fusiformes, fotosintéticas o heterótrofas. Presentan una película externa que les confiere plasticidad y uno o 2 flagelos que se insertan en la faringe, en la porción anterior. Aunque no son muy comunes ni abundantes, suelen ser indicadoras de contaminación costera.
- *Heterokontophyta* y *Chrysophyceae*. Comprende un grupo relativamente pequeño de microalgas Heterokontas unicelulares, de formas cocoides, con o sin flagelos y usualmente móviles, tanto fotosintéticas como heterótrofas. Están presentes en ambientes continentales y marinos.
- *Dictyochophyceae*. Este grupo comprende especies Heterokontas unicelulares, incluyendo silicoflagelados y sus parientes, que son casi exclusivamente planctónicos y marinos, en sus formas fotosintéticas y heterótrofas. Los silicoflagelados se distinguen por tener un exoesqueleto silíceo que contiene al protoplasma y un solo flagelo. Se conocen un gran número de especies extintas de silicoflagelados y se debate cuántas especies vivientes podrían existir en los mares mundiales.
- *Eustigmatophyceae*. El grupo contiene pocas especies de microalgas Heterokontas, fotosintéticas, cocoides, sin flagelos aparentes y con un estigma.
- *Parmophyceae*. Son algas Heterokontas, con afinidad a la clase *Bolidophyceae* y a las diatomeas (Ichinomiya *et al.*, 2010). Existen pocas especies, todas planctónicas

marinas de tallas generalmente menores de 5  $\mu\text{m}$ , cocoides y sin flagelos aparentes, con una cubierta rígida de sílice, compuesta por un número de placas de varias formas.

- *Raphidophyceae*. Son microalgas *Heterokontas* flageladas (2 flagelos desiguales insertados en la porción subapical), unicelulares, móviles y delicadas (sin cubierta rígida), con más afinidad al plancton marino. En general son formas fotosintéticas, con algunas especies donde se ha detectado mixotrofia, que pueden producir grandes proliferaciones poblacionales y toxinas que afectan a peces.
- *Bacillariophyta*. Las diatomeas son un grupo taxonómico de eucariotas unicelulares cuya característica más importante es la presencia de una pared silíceea que puede tener multitud de variaciones morfológicas y ser muy ornamentada, y que representan el grupo de autótrofos más exitoso en el ambiente pelágico, tanto por su gran diversidad de formas y especies, como por su importante contribución a la productividad global.
- *Cryptophyta*. Microalgas unicelulares, móviles, ovoides y asimétricas, que son generalmente fotosintéticas (solo dos géneros son heterótrofos). Tienen dos flagelos similares, insertados en la porción apical o subapical, un periplasto externo, estructuras que descargan (eyectosomas), y un nucleomorfo (e.g. núcleo vestigial) interno.
- *Haptophyta*. Es un grupo de microalgas flageladas con una estructura adicional parecida a un tercer flagelo, el haptonema, que presentan escamas orgánicas o mineralizadas (carbonato de calcio o sílice) y son muy comunes y diversas en el fitoplancton marino de todo el mundo, particularmente los cocolitofóridos. Casi todas las especies son fotosintéticas, pero hay formas mixótrofas.
- *Dinoflagellata*. Los dinoflagelados son protistas alveolados (*Alveolata*) unicelulares que pueden formar cadenas, cenocitos o filamentos, en general poseen dos flagelos de forma y función diferente, y pueden ser fotosintéticas, mixótrofas, heterótrofas o parásitas. Algunas especies planctónicas marinas producen altas proliferaciones poblacionales y/o toxinas que causan padecimientos a la fauna marina y a los humanos. Es el grupo taxonómico más diverso y que contribuye más a la biomasa y productividad planctónica, después de las diatomeas.



### 2.2.3 Contaminación de playas y su relación entre crecimiento bacteriano

Nixon y Fluirle (2009, como se citó en Aké-Castillo, 2014) explica que en la zona costera marina la entrada de compuestos inorgánicos, conocidos como nutrientes, se dan por deposición de aguas residuales ya sean tratadas o no. Aké (2014) menciona que en el estado de Veracruz, para el año 2010 se reportaron 106 plantas de tratamiento de aguas residuales con capacidad de 6,860 L/s y con un caudal tratado de 4,603 l/s con una cobertura de tratamiento de 36%, el agua residual generada en total por el estado fue de 16, 361 L/s de las cuales solo 12, 808 L/s recibieron tratamiento, lo que resulta en 3,553 L/s de aguas sin tratamiento, más 8,205 L/s que no se puede tratar debido a la cobertura real de tratamiento dejando un total de 11,758 L/s de agua residual sin tratar que finalmente llegan a la zona marina.

Entre los principales compuestos derivados de las aguas residuales y descargas de ríos que contaminan al agua están las formas nitrogenadas y fosfatadas. A partir del análisis del comportamiento en el tiempo de estos nutrientes, se observa que la concentración de ortofosfatos, amonio y nitratos en la zona costera responden principalmente al régimen pluvial. El incremento en la concentración de estos compuestos inorgánicos, que quedan disponibles en el medio marino en la zona costera, beneficia la presencia de microorganismos fotosintéticos y favorecen su rápido crecimiento ocasionando florecimientos algales a lo largo de las zonas afectadas por esta eutroficación.

### 3. ESTADO DEL ARTE

Cuadro 6. Estudios relacionados con el tema de estudio.

Autor	Año	Nombre del trabajo	Descripción
Cruz Ortiz, I. y, Galicia-Jiménez M.M.	2010	Detección de bacterias enteropatógenos en la arena de dos playas del Puerto Escondido, Oaxaca.	Describe que la arena es un medio que permite la multiplicación y sobrevivencia de las bacterias, le proporciona superficie, nutrientes, humedad y protección de la luz solar. Por lo que en "Playa principal" y "Puerto angelito" de Puerto Escondido, Oaxaca se tomaron 20 puntos de muestra de forma sistémica, dando como resultado la presencia de <i>E coli</i> y <i>Vibrio spp.</i> así mismo se encontró una correlación entre las bacterias indicadoras de la arena húmeda y el agua de mar, pero no entre la arena seca y el agua de mar.
Vergaray <i>et al</i>	2011	Calidad microbiana del agua de playas de Lima y su relación con focos de contaminación.	Realizó un análisis microbiano a 21 playas de Lima, teniendo en cuenta los siguientes parámetros: coliformes totales (CT) 5,000 NMP/100 mL, coliformes fecales (CF) 1,000 NMP/100 mL, <i>E. coli</i> 100 NMP/100 mL y <i>Enterococcus</i> 35 NMP/100 mL, obteniendo que el 66.66% de las playas superan los límites de aceptabilidad para uso recreativo según los parámetros utilizados, debido a que superan los límites máximos de bacterias de <i>E.coli</i> y <i>Enterococcus</i> , esto se debe a que existen fuentes de descarga de aguas domésticas y residuales cerca de dichas playas, teniendo esto en cuenta el autor propone la formalización de la razón de que <i>E. coli</i> / <i>Enterococcus</i> es mayor en la cercanía al foco de contaminación y menor a mayor distancia del mismo.
Galván Mendoza, A. B.	2013	Calidad bacteriológica y Riesgo Sanitario de las playas Norte de Tuxpan, Ver.	Al establecer nueve puntos de muestreo en las playas al Norte de Tuxpan, Ver. y empleando el método de Sustrato cromogénico para determinar NMP de enterococos, tomando en cuenta los límites de NMP/100 ml de los mismos, se clasificaron todas las playas como aptas para uso

Autor	Año	Nombre del trabajo	Descripción
			recreativo además se resalta que la precipitación pluvial fue un factor diferencial que influyo en el incremento en los valores de enterococos.
León López, C.E.	2015	Evaluación de la calidad sanitaria de cuatro playas recreativas en el Noroeste de México	León evalúa la calidad sanitaria del agua y la arena de las playas del municipio de Guaymas (Los Algodones, San Francisco, Miramar y Empalme), durante los periodos antes, durante, 25 días después y 50 días después de la semana santa del año 2014, tomando seis muestras de arena y seis de agua, para determinar la concentración de bacterias coliformes totales, coliformes fecales y enterococos. Entre los resultados obtenidos se cuantificaron 6,368 personas durante los periodos de muestreo, 2 % antes, 95 % durante y 3% después de Semana Santa, además demostró que los niveles de contaminación están altamente relacionados, debido a que el nivel de riesgo sanitario durante Semana Santa donde se reporta más gente, presentó altos índices de contaminación.
Badilla-Aguilar, A y Mora-Alvarado, D.A.	2019	Análisis de la calidad bacteriológica de dos playas tropicales: relación de indicadores de contaminación fecal entre el agua de mar y las arenas.	Este trabajo evaluó la calidad bacteriológica de la arena y el agua de mar de dos playas del Pacífico de Costa Rica, así como su relación. Se utilizó la técnica de Fermentación en Tubos Múltiples (NMP) para la detección de coliformes fecales, <i>E. coli</i> y <i>Enterococcus spp</i> , lo resultados mostraron niveles más altos de <i>Enterococcus spp</i> . en la arena seca, con respecto al agua de mar y la arena húmeda además se evidenciaron correlaciones positivas de microorganismos indicadores entre las arenas y el agua de mar, al analizar los resultados sugiere que la contaminación de las aguas de mar se ve altamente influenciada por las poblaciones microbianas establecidas en las arenas.
Castillo et al.	2022	Calidad de las aguas en ríos que	En república dominicana, a partir del Índice de Calidad de las Aguas (ICA) se analizó la calidad del agua de los ríos San marcos y

Autor	Año	Nombre del trabajo	Descripción
		desembocan en playas turísticas	Muñoz, que desembocan en las playas de Puerto Plata, dando como resultado la calidad mala con valores del ICA de 34 y 40 teorizando la repercusión a largo plazo en los comportamientos de la demanda turística.
Párraga Vera, D.J y Yagual Cruz, E.M.	2022	Parásitos intestinales como indicador de contaminación fecal en arena de la playa del Cantón Puerto López, Ecuador.	Analizaron los parásitos intestinales presentes en la arena mojada y seca de la playa del cantón Puerto López, con la técnica de la sedimentación espontánea, identificando la baja prevalencia de larvas nematodos, de igual forma mencionan que la presencia de heces en las muestras recolectadas, sirvieron como principal factor de riesgo para la transmisión de parasitosis.

## 4. METODOLOGÍA

### 4.1 Descripción del área de estudio

El municipio de Tuxpan, forma parte de la segunda región geomorfológica del estado de Veracruz y se encuentra posicionado al Norte del Estado, situado a la orilla derecha de la ribera del río del mismo nombre, cuyas aguas se originan en la unión de los ríos Pantepec y Vinazco, este cauce se conduce a través de una amplia llanura costera nororiental y desemboca en su trayecto final de 11 km en el mar del Golfo de México; las dinámicas del agua del Golfo de México están determinadas por sus diferencias de salinidad y temperatura, lo que origina sus corrientes oceánicas y configura litorales bajos y arenoso (Lozano y Ponce, 2018).

La playa de Tuxpan, Veracruz se encuentra localizada a 12 Kilómetros de la ciudad de Tuxpan, colinda al Norte con las playas del municipio de Tamiahua, al este con el Golfo de México y al Sur con las playas del municipio de Cazonas. La playa se extiende por 42 km (Figura 3), desde el estero de Juan Gonzales al Sur del municipio, hasta la Barra de Galindo en la desembocadura Norte de la Laguna de Tampamachoco.

El clima de la región es del tipo Aw" 2 (e), que corresponde a cálido-subhúmedo con régimen de lluvias en el verano, temperatura y precipitación pluvial medias anuales de 24.2°C y 1,350 mm, respectivamente. Los vientos dominantes provienen del Este; los vientos secundarios proceden del Norte y del Noroeste, ocasionalmente alcanzan velocidades de 150 km/h (Orduña Medrano, 2012).

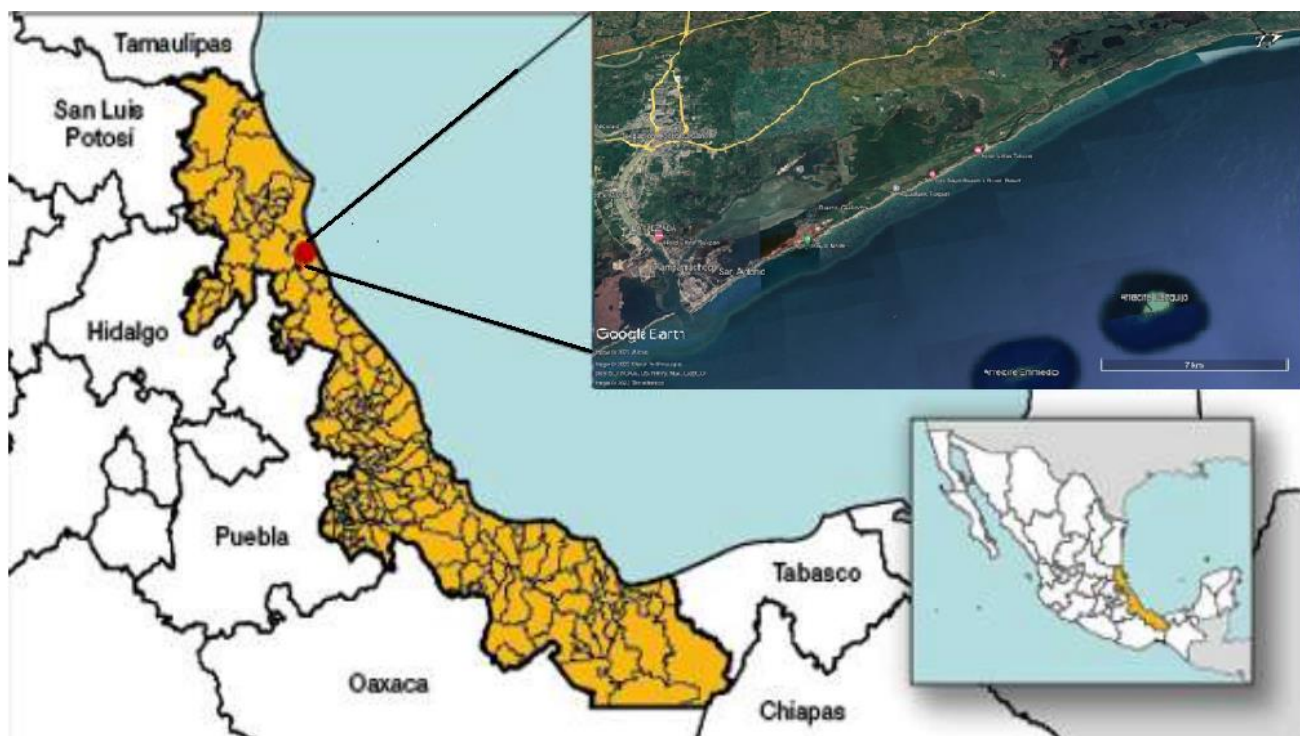


Figura 3. Ubicación del estado de Veracruz y extensión litoral de Tuxpan.

Fuente: Modificado de Franco García y Macías Hernández (2022). *Tipos de micro plásticos presentes en tres playas del municipio de Tuxpan, Veracruz*. [Tesis de licenciatura, Instituto Tecnológico Superior de Álamo Temapache].

## 4.2 Sitios de estudio

El estudio de microorganismos se realizó en la zona de baja mar de la playa principal, la cual presenta más afluencia turística en el municipio de Tuxpan, de acuerdo a la figura 4 se presenta la ubicación geográfica de la zona de estudio, así como los 12 sitios de muestreo y sus coordenadas del cuadro 7.

Cuadro 7. Sitios de muestreo para microorganismos.

Sitios	Coordenada	
	N	O
1	20°58'27.00"	97°18'20.55"
2	20°58'28.43"	97°18'21.70"
3	20°58'30.48"	97°18'23.33"
4	20°58'32.09"	97°18'24.79"
5	20°58'34.41"	97°18'25.34"

6	20°58'37.52"	97°18'27.29"
7	20°58'27.29"	97°18'21.22"
8	20°58'28.74"	97°18'22.31"
9	20°58'30.77"	97°18'22.89"
10	20°58'32.59"	97°18'24.09"
11	20°58'34.80"	97°18'25.50"
12	20°58'38.02"	97°18'27.55"

Fuente: Elaboración propia.

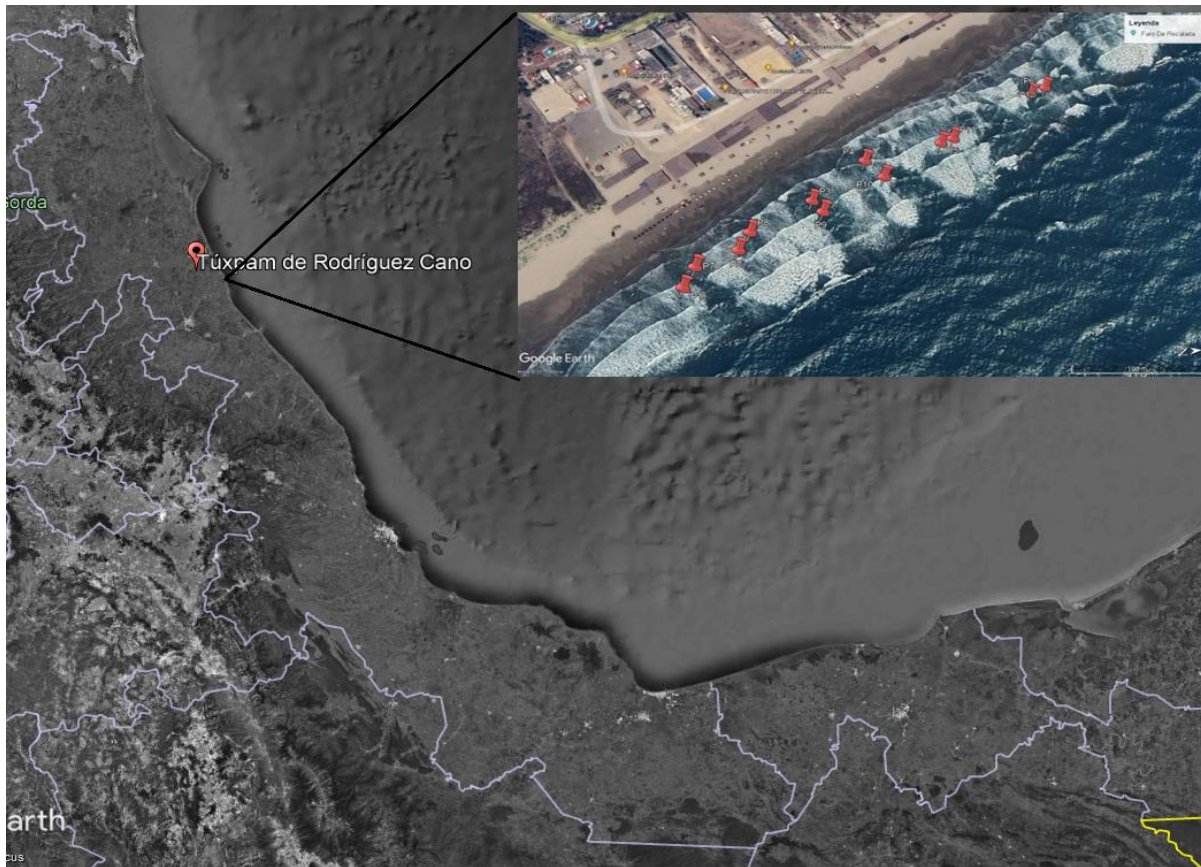


Figura 4. Sitios de muestreo de microorganismos.

El muestreo para enterococos consistió en tres épocas de muestreo, el primero fue un mes antes del periodo de semana santa, los días 1-2 y 8-9 de marzo, el segundo muestreo fue los días del 10 al 13 de Julio, un mes previo al periodo vacacional de verano del año 2022 y el tercero fue del 15 al 18 de noviembre, un mes antes del periodo vacacional de invierno, tomando nueve sitios de muestreo, como se muestra en el cuadro 8 y figura 5.

Cuadro 8. Puntos de muestreo para Enterococos.

Sitio	Nombre de la playa	Coordenadas	
		N	O
S1	Playa barra norte (1)	20°58'32.8"	97°18'29.6"
S2	Playa barra norte (2)	20°58'45.0"	97°18'40.1"
S3	Playa mis amores	20°58'55.6"	97°18'47.8"
S4	Playa azul (1)	20°59'10.8"	97°18'57.2"
S5	Playa azul (2)	20°59'17.0"	97°19'00.4"
S6	Playa galindo	20°59'50.5"	97°19'19.1"
S7	Playa San Antonio	21°02'11.8"	97°20'21.0"
S8	Playa barra Galindo	21°02'35.7"	97°20'32.4"
S9	Playa isla tajin	21°04'07.1"	97°21'08.9"

Fuente: Elaboración propia.

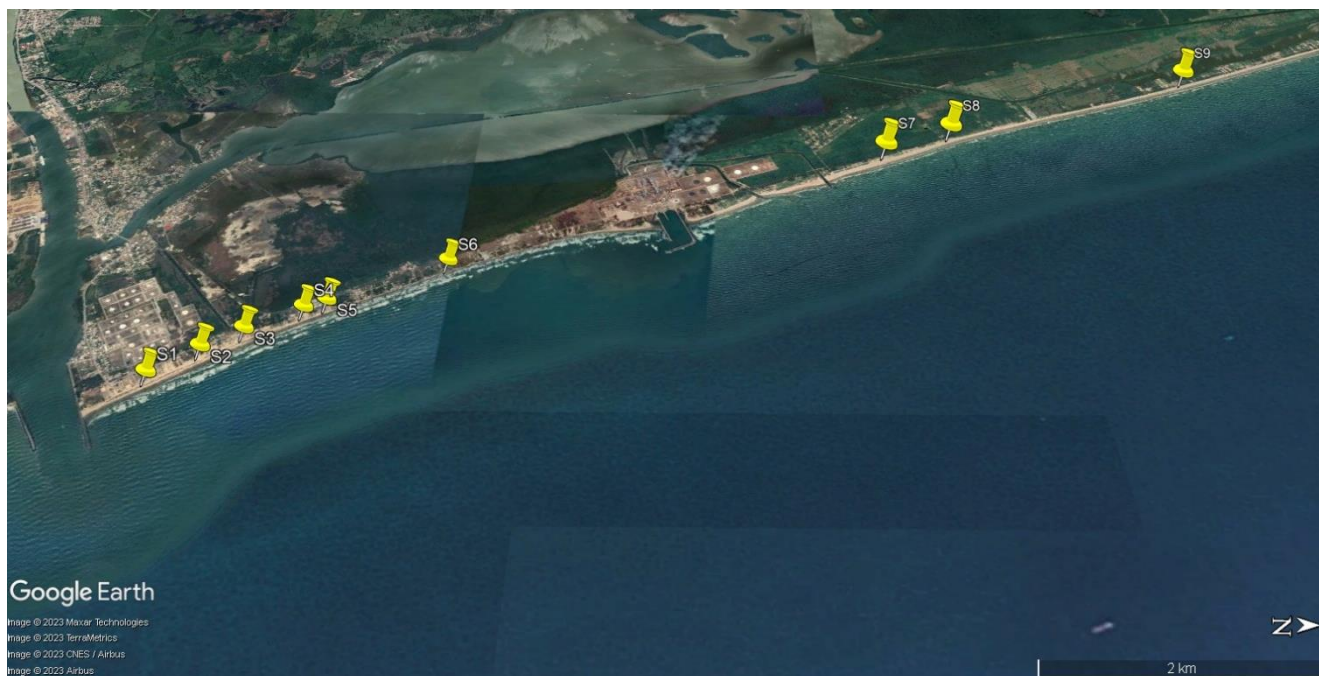


Figura 5. Sitios de muestro de Enterococos.



### 4.3 Toma de muestra

#### 4.3.1 Toma de muestra para la identificación de microorganismos

De acuerdo a las recomendaciones de la COPEFRIS (2023), el muestreo se realizó pasando la marea rompiente, a 1.0 – 1.5 metros de profundidad, colocándose en contra corriente del flujo entrante e introduciendo un bote esterilizado de un litro de capacidad a 30 cm bajo la superficie del agua, recolectando 500 ml de agua de mar, este proceso se realizó por triplicado por cada sitio, en total se obtuvieron 36 muestras, la toma de la muestra se realizó en los meses de agosto a diciembre en un horario de 6:45 am y 6:45 pm cada siete días, en la zona de más afluencia turística.

De igual forma se realizó la medición de temperatura del agua, temperatura del medio ambiente, pH y cloro, en sitio cada toma de muestra. La temperatura se midió un con un termómetro de mercurio con escala de -20 a 100°C. La temperatura del medio ambiente se tomó con ayuda de la aplicación “clima” con un dispositivo móvil. El pH se tomó con un analizador de pH y cloro.

Antes de ser transportadas las muestras al laboratorio, se añadieron 54 ml de Formol al 37% (Vázquez *et al.*, 2021), 1 ml de glicerina para conservar el color y 16.5 g de Carbonato de Calcio para neutralizar la acides del Formol, para fijar las muestras, posterior a la fijación se almacenaron en hieleras a 4°C para su transporte al laboratorio (Orduña Medrano, 2012).

#### 4.3.2 Toma de muestra para la cuantificación de Estreptococos.

Los muestreos se realizaron de acuerdo al manual operativo de monitoreo de agua de contacto primario en agua de mar de playas y cuerpos de agua dulce del año 2022, por la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS), los puntos muestreados presentaron afluencia de usuarios turísticos a la hora del muestreo. La toma de muestra se realizó dentro de una zona de oleaje tranquilo con una profundidad de agua de un metro, en bolsas de polietileno, estériles, con sello hermético de 500 ml de capacidad. Se retiró la tira de seguridad de la bolsa hermética para introducirla a la profundidad deseada quedando en sentido contrario al flujo de la corriente (para evitar que el agua toque primero

las manos del verificador y después entre en la bolsa) llenando la bolsa hasta un 80-90% de su capacidad, se jaló con fuerza los alambres, se giró la bolsa varias veces y se unieron los extremos del alambre para cerrar la muestra y mantenerla en preservación de 1 a 5 °C durante su transporte al laboratorio.

#### **4.4 Análisis de la muestra**

El análisis de las muestras para microorganismos se realizó en el la Oficina de Regulación Sanitaria y en el Centro de Industrias Alimentarias y Ambiental (C.I.A.A) del Instituto Tecnológico Superior de Álamo Temapache.

Para la observación de microorganismos se utilizó una micropipeta de 1000-5000 ul para extraer la muestra del fondo medio del recipiente que contenía la muestra previamente obtenida en el agua de mar, se colocó una gota sobre el porta objetos y se observó en un microscopio marca LUZEREN modelo NLCD-307B si se tenía presencia de microorganismos, de igual forma se colocó una gota de azul de metileno para observar mejor las estructuras, se utilizó el aumento 10X, 40X Y 100X para tomaron fotografías con la cámara integrada del microscopio y con ayuda de guías taxonómicas se realizó la identificación de microorganismos.

Las muestras para la cuantificación de estreptococos se analizaron mediante el método del sustrato cromo génico definido de en el apartado de análisis microbiológicos inciso SMC-M-010. Determinación de Enterococos método de sustrato cromogénico definido y fluorogénico sustentado en la NOM-210-SSA1-2014, Apéndice E Normativo, el cual se fundamenta en el uso de sustratos cromogénicos hidrolizables que se incuban en tubos múltiples de 35° C ± 0.5 °C durante 24 horas para la detección de enzimas del grupo *Enterococcus*, teniendo resultados expresados mediante la tabla de número más probable (NMP).

Así mismo para la interpretación de los resultados se usó el cuadro 9 “criterios para la clasificación de playas” y el cuadro 10 “guía de contaminación fecal en agua de mar según el valor de los Enterococos”, tomados del manual operativo de agua de contacto primario en el

agua de mar de playas y cuerpos de agua dulce (2022), de la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios.

Cuadro 9. Criterios para la clasificación de playas.

Enterococos NMP/100 ml	Clasificación de la Playa
0-200	APTA para su uso recreativo.
>200	NO APTA para uso recreativo.

Fuente: COFEPRIS (2022). Manual Operativo: Manual operativo: Monitoreo de agua de contacto primario en el agua de mar de playas y cuerpos de agua dulce 2022. Gobierno de México.

Cuadro 10. Guía de contaminación fecal en agua de mar según el valor de los enterococos.

Valor de Enterococos	Base para la derivación	Riesgo estimado
<40/100 ml	Nivel sin afecto adverso observable	<1% riesgo de enfermedad gastrointestinal <0.3% riesgo de enfermedades respiratorias
41-200/100 ml	Valor sobre el umbral de transmisión de enfermedades	<1% riesgo de enfermedad gastrointestinal <0.3% riesgo de enfermedades respiratorias
201-500/100 ml	Este nivel representa un aumento sustancial en la probabilidad de todos los resultados adversos a la salud	5-10% riesgo de enfermedades respiratorias 1.9-3.9% riesgo de enfermedades respiratorias
>500/100 ml	Sobre este nivel, podría haber un riesgo significativo de altos niveles de transmisión de enfermedades menores.	>10% riesgo de enfermedades gastrointestinales >3.9% riesgo de enfermedades respiratorias

Fuente: COFEPRIS (2022). Manual Operativo: manual operativo: monitoreo de agua de contacto primario en el agua de mar de playas y cuerpos de agua dulce 2022. Gobierno de México.

#### 4.5 Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó mediante el programa estadístico Minitab, Versión 19 con un Análisis de varianza (ANOVA) por el método Tukey.

## 5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 5.1 Microorganismos observados en las playas de Tuxpan, Ver.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el cuadro 11 se presenta la clasificación taxonómica de los microorganismos observados por sitio. Se registraron cinco tipos diferentes de microorganismos, *Cuanophyceae*, *Tripos brevis*, *Rotifera*, *Rhizosolenia imbricata* y Ochrophyta.

Cuadro 11. Clasificación taxonómica de los microorganismos observados por sitio.

Reino	Filo	Clase	Orden	Familia	Género	Especie
Bacterias	Cyanobacteria	Cuanophyceae				
Protozoarios	Miozoa	Dinophyceae	Gonyaulacales	Amphydomataceae	<i>Tripos</i>	<i>Tripos brevis</i>
Animalia	Rotifera					
Protozoarios	Ochrophyta	Coscinodiscophyceae	Rhizosoleniales	Rhizosoleniaceae	<i>Rhizosolenia</i>	<i>Rhizosolenia imbricata</i>
Protoctista	Ochrophyta					

Cuadro 12. Cantidad de microorganismos observados por sitio.

Microorganismo	TARDE						MAÑANA						TOTAL
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	
Cuanophyceae	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50
<i>Tripos brevis</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Rotifera	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2
<i>Rhizosolenia imbricata</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Ochrophyta	128	153	179	183	320	289	423	558	429	625	742	739	3250

En el cuadro 12 se aprecia el número de microorganismos observados, cabe destacar que se observaron 3,250 microorganismo del filo Ochrophyta, perteneciente a las algas unicelulares de acuerdo con Rosso, L y Giannuzzi, L. (s.f.) menciona que la luz y su intensidad presentan efectos directos sobre el metabolismo de las algas, debido a que el aumento de la energía luminosa incrementa su actividad fotosintética, la alta intensidad de la luz ocurre principalmente en verano, estación del año que está relacionada al aumento masivo de las algas. En este caso la mayor cantidad de microorganismos se registraron por la tarde, su presencia puede ser relacionada a la temperatura ambiente del agua de la playa ya que esta misma afecta los procesos vitales de todos los microorganismos, en especial influye en la velocidad de crecimiento, necesidades de nutrientes, composición química y actividad enzimática de las células o inclusive se puede relacionar a los pigmentos fotosintéticos

necesarios para el desarrollo de las especies. Además de la luz y su intensidad, el pH del medio es otro factor que afecta el crecimiento y la reproducción de los microorganismos, en ocasiones el pH del agua debe estar dentro del rango 6.5 – 8.5 para el óptimo desarrollo de las bacterias.

Por otro lado, la presencia del dinoflagelado *Tripos brevis* es un microorganismo no tóxico muy común en las floraciones en las costas de agua de todo el mundo. (Thoha, H. y Rachman, A., 2011). Vargas-Montero, M. y Freer, E. (2004) describe que las proliferaciones causadas por los dinoflagelados del género *Tripos* son comunes en muchas partes del mundo, aunque no se ha confirmado la toxicidad de este género, se reportaron incidentes con mortalidades de peces en Tailandia y Japón debido a la disminución del oxígeno disuelto ocasionando la mortandad de peses, por lo que se deduce que la presencia de un solo individuo no tiene afectación en la salud humana.

De hoyos et al. (2008) Menciona que las cianobacterias son organismos procarióticos fotosintéticos que se pueden encontrar en lagos y embalses. En ocasiones, si las condiciones de temperatura son favorables y los nutrientes, en particular el fósforo, son abundantes, pueden dar lugar a proliferaciones (también conocidas como blooms), que se caracterizan por densidades celulares extremadamente altas. Cuando las concentraciones de células están en el rango de 20.000 células por ml, o 10 g l<sup>-1</sup> de clorofila, se piensa que hay un afloramiento, como la cantidad registrada no llega al límite, no representa peligro alguno para los usuarios.

## 5.2 Resultados de Enterococos

En el cuadro 13 se muestran los valores de enterococos obtenidos durante los muestreos del 1,2 y 8,9 de marzo, del 10 al 13 de Julio y del 15 y 16 de noviembre.

Cuadro 12. NMP/ 100 ml de enterococos en las playas de Tuxpan.

Día*	Fecha	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
Marzo										
UNO	01/03/22	20	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
DOS	02/03/22	20	31	63	<10	<10	10	10	<10	<10
TRES	08/03/22	<10	10	10	<10	<10	<10	20	10	<10
CUATRO	09/03/22	<10	<10	20	<10	20	20	10	10	10
Julio										
UNO	10/07/22	10	<10	<10	10	<10	<10	<10	<10	<10
DOS	11/07/22	10	41	20	<10	10	<10	<10	<10	<10
TRES	12/07/22	10	<10	<10	10	<10	<10	<10	<10	10
CUATRO	13/07/22	<10	10	<10	10	<10	10	<10	10	<10
Noviembre										
UNO	15/11/22	20	20	10	10	20	<10	10	<10	<10
DOS	16/11/22	63	20	30	20	<10	10	20	41	20
TRES	17/11/22	20	10	31	10	10	10	41	10	<10
CUATRO	18/11/22	<10	<10	20	10	<10	10	10	10	<10

\*Nombre tomado como referencia para al análisis estadístico

De acuerdo al cuadro 13, el valor máximo registrado fue de 63 NMP/100 ml presente en el mes de marzo y consecuentemente en noviembre y el mínimo es <10 NMP/100 presente en todos los meses de muestreo.

Cuadro 13. Análisis estadístico por día de muestreo.

Día	Media	Agrupación
Día dos	12.56	A
Día tres	5.67	Ab
Día cuatro	2.59	Ab
Día tres	0.00	Ab
Día uno	-1.85	B

Nota: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes ( $p < 0.005$ ).

Cuadro 14. Análisis estadístico por mes de muestreo.

Mes	Media	Agrupación
Noviembre	11.83	a
Marzo	2.61	b
Julio	-1.64	B

Nota: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes ( $p < 0.005$ ).

El análisis estadístico muestra que el mes de noviembre presenta diferencias significativas (cuadro 14 y 15), dado que este mes se presentó la mayor cantidad de valores de estreptococos registrados, esto se puede deber a que, durante este mes de los días de muestreo, se contaba con presencia de perros cerca del punto de recolección de la muestra, además es importante mencionar que se presentó un fenómeno tropical denominado "Lisa" días antes de la fecha de muestreo. Santiago, 2010 y Silva, 2011 también hacen alusión al hecho de que los asentamientos humanos aledaños a la playa no cuentan con sistemas de drenaje, por lo que la playa es uno de los destinos donde llegan las aguas residuales y domésticas, que son arrastradas desde río arriba

De acuerdo con el cuadro 13, el 95.37% de los resultados presenta un nivel sin efecto adverso observable con 1% de riesgos de contraer alguna enfermedad gastrointestinal y <0.3 % de riesgos por contraer enfermedades respiratorias y solo un 4.62 % se encuentran en el valor sobre el umbral de transmisión de enfermedades con <1% de riesgos de contraer alguna enfermedad gastrointestinal y <0.3 % de riesgos por contraer enfermedades respiratorias, es importante mencionar que en el mes de noviembre se obtuvieron más resultados con registros altos.

De acuerdo con los datos obtenidos y con la tabla 6, las playas del municipio de Tuxpan, Veracruz se encuentran APTAS para uso recreativo, esto coincide con lo reportado por Galván Mendoza, A., en 2013.

## 6. CONCLUSIONES

- Durante los meses de muestreo se encontraron 5 tipos de microorganismos Cuanophyceae, Ochrophyta y *Rhizosolenia imbricata*, Rotifera y *Tripes brevis*, siendo Ochrophyta la especie más abundante.
- Las especies encontradas no representan ningún riesgo biológico para los bañistas.
- El mes de noviembre, presenta el mayor número de Enterococos con valor sobre el umbral de transmisión de enfermedades.
- Las principales playas del municipio de Tuxpan, Veracruz se considera APTA para uso recreativo de acuerdo a los criterios propuestos por la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos sanitarios.
- La relación que existe entre el nivel de organismos encontrados en el agua de playa del municipio de Tuxpan, Veracruz de debe a la falta de sistemas de drenaje en el municipio de Tuxpan.
- Se recomienda que los muestreos se realicen durante todo el año y en todas las playas del municipio.



## Referencias bibliográficas

Aké Castillo *et al.* (2014). Florecimientos algales nocivos en Veracruz: especies y posibles causas (2002-2012). *Golfo de México. Contaminación e impacto ambiental: diagnóstico y tendencia*, Pp.133-146.

Abad Aguilar, I. (2019) Diagnóstico del impacto ambiental de las actividades antropogénicas en la playa de Tuxpan, Veracruz [Proyecto de Intervención de Especialidad, Universidad Veracruzana]. <http://bdigital.unal.edu.co/10578/>

Ávila Pérez, E. (2004). Contaminadas, playas de Veracruz. El Universal. <https://archivo.eluniversal.com.mx/estados/52791.html>

Badilla-Aguilar, A. y Mora-Alvarado, D. (2019). Análisis de la calidad bacteriológica de dos playas tropicales: relación de indicadores de contaminación fecal entre el agua de mar y las arenas. *Tecnología en Marcha. Vol.32*. Laboratorio Nacional de Aguas. Pág. 37-45

Casarín *et al.* (2021). *Caracterización de la zona costera y planteamiento de elementos técnicos para la elaboración de criterios de regulación y manejo sustentable*. Universidad Nacional Autónoma de México/ secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Coordinación de Estrategias de Biodiversidad y Cooperación-CONABIO. 2021. *Resumen de La biodiversidad en Veracruz. Estudio de Estado*. CONABIO, México.

COFEPRIS. 2013. Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios. Lineamientos para agua de contacto. Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios. P.14.

COFEPRIS. 2022. Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios. *MANUAL OPERATIVO: MONITOREO DE AGUA DE CONTACTO PRIMARIO EN EL AGUA DE MAR DE PLAYAS Y CUERPOS DE AGUA DULCE 2022*. P.32.

Cárdenas Castellar *et al.* (2019). Microorganismos y microbios: modelos mentales de estudiantes de educación secundaria. XVIII Encuentro Nacional de Ciencias de la Educación (XVIII ENEC) | III Seminario Internacional de Ciencias de la Educación (III ISSE), Pp.88-97.

De hoyos *et al.*, (2008). Problemas de las cianobacterias en aguas de recreo y aguas de consumo. Ingeniería Civil. Num.151. a través de [https://hispagua.cedex.es/sites/default/files/hispagua\\_articulo/Ingcivil/151/cianobacterias\\_aguas\\_recreo.pdf](https://hispagua.cedex.es/sites/default/files/hispagua_articulo/Ingcivil/151/cianobacterias_aguas_recreo.pdf)

Hernández *et al.* (2015). Distribución de pigmentos fotosintéticos del fitoplancton del Golfo de Tehuantepec en verano (junio, 2003): importancia del pico fitoplancton. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México

Hernández-Becerril, D.U. (2014). Biodiversidad de algas planctónicas marinas (*Cyanobacteria*, *Prasinophyceae*, *Euglenophyta*, *Chrysophyceae*, *Dictyochophyceae*, *Eustigmatophyceae*, *Parmophyceae*, *Raphidophyceae*, *Bacillariophyta*, *Cryptophyta*, *Haptophyta*, *Dinoflagellata*) en México. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México,

Instituto de Hidrología, meteorología y Estudios Ambientales (I.D.E.A.M.). (2010). *Sistemas Morfogénicos del Territorio Colombiano*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, D. C., 252 p., 2 anexos, 26 planchas en DVD.

Ibarra Marinas, D. y Belmonte serrato, F. (2017). *Comprendiendo el litoral: Dinámica y procesos*. (1ª ed). Universidad de Murcia, servicio de publicaciones.

INEGI. (2020). *Veracruz de Ignacio de la Llave: Economía, empleo, equidad, calidad de vida, educación, salud y seguridad pública. Data México*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (2007) Capítulo tercero 3. Muestreo y caracterización de un sitio. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. A través de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/459/cap3.html>

Instituto de Servicios de Salud Pública de Baja California. (2012). LINEAMIENTOS PARA DETERMINAR LA CALIDAD DE AGUA DE MAR PARA USO RECREATIVO CON CONTACTO PRIMARIO. Dirección de protección contra riesgos sanitarios. A través de <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/P%201-%20Lineamientos%20para%20determinar%20calidad%20del%20agua%20de%20mar.pdf>

León López, C.E. (2015) *Evaluación de la calidad sanitaria de cuatro playas recreativas en el Noroeste de México*. [Tesis de Maestría, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, s.c.]. [https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/122/1/leon\\_c.pdf](https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/122/1/leon_c.pdf)

López Magaña *et al.* (2016). Fitoplancton: Pequeños centinelas del océano. *Ciencia. Revista de la Academia Mexicana de Ciencias*. A través de <https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/index.php/ediciones-antecedentes/articulos-fuera-de-los-volumenes-publicados-online/320-fitoplancton-pequenos-centinelas-del-océano>

Lozano y Nathal, G.A. y Ponce Jiménez, M.P., (2018). *TUXPAN, VERACRUZ, ESPACIO URBANO, BARRIOS Y TRADICIONES DE UNA CIUDAD MARÍTIMA Y FLUVIAL. FINALES DEL SIGLO XIX A PRINCIPIOS DEL SIGLO XX* [Archivo PDF]. <https://estudioshistoricos.inah.gob.mx/wp-content/uploads/Gema-Lozano-y-Mar%C3%ADa->

del-Pilar-Ponce-Tuxpan-Veracruz-espacio-urbano-barrios-y-tradiciones-de-una-ciudad-mar%C3%ADtima-y-fluvial.pdf

Lozada Grajales, R.M. (2017). *Propuesta de tratamientos de aguas residuales de tipo doméstico por métodos naturales para la Congregación de Zoncuantla, Coatepec, Veracruz, México*. Universidad Veracruzana.

Moreno, C.E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T-Manuales y Tesis SEA. Vol.1. PP.84.

Mejía Maravilla, E. (s.f.). Contaminación en Playas Causales y Soluciones. [Archivo PDF]. <http://www.anmco.org/Enrique%20Mejia%20Maravilla.pdf>

Monkhouse, F.J. (1978). *Diccionario de términos geográficos*, Oikos-Tau, p. 119.

Morales García, G. (2017). *Evaluación integral y estrategia de manejo de las playas recreativas de Guaymas y empalme, sonora, México*. [Tesis de Doctorado, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.].

Milanés Batista, C. y Acosta Velasco, B.V. (2021). Metodología para el ordenamiento marino costero en playas, Barranquilla: corporación Universidad de la Costa.

Medina *et al.* (1995). *VARIABILIDAD DE LOS PERFILES DE PLAYA: FORMA Y DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA*. Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas. Universidad de Cantabria Dpto. de Ciencias y Técnicas del Agua y del Medio Ambiente. Ingeniería del Agua. 2 (Extraordinario). p. 133.

Mir-Gual, M. (2009). *MODIFICACIONES DEL PERFIL DE PLAYAS EN LAS ISLAS BALEARES (PLAYAS DE CAN PICAFORT Y ES COMÚ DE MURO)*. Investigaciones Geográficas. Universidad de Alicante. núm. 50, pp. 191-207

Morales Quijano, I. (2019). Capacidad de carga turística de tres playas del Norte de Tuxpan, Veracruz [Proyecto de intervención de especialidad, Universidad Veracruzana].

Martínez Reyes, A. (2022). *Programa Operativo Anual “Vigilancia de agua de mar para uso recreativo con contacto primario” 2022*. Dirección de protección contra Riesgos Sanitarios. Secretaria de salud de Veracruz.

Martin Sanjuan, L. (2022). Las principales enfermedades transmitidas en piscinas, ríos, lagos y océanos. *Diario as*. <https://as.com/actualidad/las-principales-enfermedades-transmitidas-en-piscinas-rios-lagos-y-oceanos-n/>

Mier y Terán-Suarez *et al.* (2006). Florecimientos algales en Tabasco. *Salud en tabasco*. 12(1). Pp.414-422.

Mayén Estrada et al. (2016). *La Biodiversidad en la Ciudad de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Secretaría de Medio Ambiente. Pp.204-208.

Mendoza Galván, A.B. (2013). Calidad Bacteriológica y Riesgo Sanitario de las playas norte de Tuxpan, Ver. [Trabajo de especialidad, Universidad Veracruzana].

Mejía Maravilla, E. (s.f.). Contaminación en playas causales y Soluciones. Comisión Nacional del Agua [Archivo PDF]. <http://www.anmco.org/Enrique%20Mejia%20Maravilla.pdf>

Manjarrez et al. (2019). parásitos en playas turísticas: propuesta de inclusión como indicadores de calidad sanitaria. revisión para América latina. *Ecología aplicada*, 18(1).

Montaño Arias et al. (2010). Los microorganismos: pequeños gigantes. *Elementos*, 17(77). Pp. 15-23.

Martín, E.M. (9 de noviembre de 2014). *Microorganismos patógenos*. Consumoteca. <https://www.consumoteca.com/bienestar-y-salud/microorganismo-patogeno/>

Narro-Robles et al. (2012). El censo de población de 2010: cuatro millones más de mexicanos de lo previsto, ¿el final de una política de Estado? *Papeles de población. Universidad Nacional Autónoma de México*. 18(74).

Orduña Medrano, R.E. (2012). Patrones de distribución y abundancia del fitoplancton nocivo en la zona costera de Tuxpan Veracruz, México. [Tesis de maestría, Universidad Veracruzana].

Olivia et al. (2014). Biodiversidad del fitoplancton de aguas continentales en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*.

Ortiz-Pérez, M.A. (2006). Características físicas de las costas: base para su regionalización. El caso de la costa veracruzana. En: Moreno-Casasola, P., Pérez- Barbosa, E., y Travieso-Bello, A.C. (Eds.). Estrategias para el manejo integral de la zona costera: un enfoque municipal. Instituto de Ecología y Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Semarnat/Gobierno del Estado de Veracruz. Vol. I: 81-96 p.

PAOT. (2000). *Impactos ambientales del crecimiento de la población en México Recuadro I.1.1*. La Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial de la Ciudad de México. Gobierno de la ciudad de México. [https://paot.org.mx/centro/ine-semarnat/informe02/estadisticas\\_2000/estadisticas\\_ambientales\\_2000/01\\_Dimension\\_Socia/01\\_01\\_Demografia/Recuadrol.1.1.pdf](https://paot.org.mx/centro/ine-semarnat/informe02/estadisticas_2000/estadisticas_ambientales_2000/01_Dimension_Socia/01_01_Demografia/Recuadrol.1.1.pdf)

Popovich, C.A. (2004). *Fitoplancton del estuario de Bahía Blanca*. Universidad Nacional del Sur.

Pla, L. (2006). Biodiversidad: inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza. *Inter ciencia*. 31(8). Pp.583-590.

Rodríguez *et al.* (2006). Tiña inflamatoria de la cabeza por *Trichophyton tonsurans*. Comunicación de 5 casos dentro de un mismo núcleo familiar. *Rev Cent Dermatol Pascua*. 15(1). Pp.26-30.

Ramón Ayala, J. (18 de abril de 2022). "120 mil turistas arribaron a Tuxpan durante Semana Santa". *Masnoticias.com*. <https://revistaanalispolitico.com/2017/04/17/206-mil-turistas-en-las-playas-tuxpan-veracruz/>

Rosso, L y Giannuzzi, L. (s.f.) *Capítulo 5 Factores ambientales y antropogénicos que afectan la formación de floraciones de cianobacterias y cianotoxinas*. Pp.84-106. [https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/112456/CONICET\\_Digital\\_Nro.ddd0504c-63e8-4ca1-98b2-ce21cd08befc\\_d.pdf?sequence=6&isAllowed=y](https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/112456/CONICET_Digital_Nro.ddd0504c-63e8-4ca1-98b2-ce21cd08befc_d.pdf?sequence=6&isAllowed=y)

Suárez de Vivero, J.L. (2005). *DELIMITACIÓN Y DEFINICIÓN DEL ESPACIO LITORAL*. Departamento de Geografía Humana. Universidad de Sevilla.  
Silva *et al.* (2018). *La zona costera del estado de Veracruz, clima marítimo, medio físico y medio biótico*. INECOL. 84pp

Silva *et al.* (2007). La gestión integral en playas turísticas: herramientas para la competitividad. *Gaceta Ecológica Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales*, (82), pp. 77-83.

Soto Esparza, M., y Geissert, D. (2011). La biodiversidad en Veracruz: estudio de estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A. C. México, 1, Pp.31-34.

Silva Cázares, N.S. (2011). *Estudio comparativo de la calidad del agua de mar en las playas de acapulco*. [Tesis de Maestría, Instituto Politécnico Nacional].

Santiago Bravo, R. (2010). Caracterización de las playas de Tuxpan, Veracruz mediante criterios de certificación. [Tesis de Maestría, Universidad Veracruzana].

T. 4. GENERALIDADES DE PROTOZOOS. (s.f.). universidad de las palmas de gran canaria. <https://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/36/36488/t4curso0607.pdf>

Thoha, H. y Rachman, A. (2011). *Temporal variation in ceratium spp. abundance recorded in jakarta bay*. Center for Oceanography, Indonesian Institute of Sciences, Indonesia a través de [https://www.researchgate.net/profile/Arief-Rachman-5/publication/324537531\\_TEMPORAL\\_VARIATION\\_IN\\_CERATIUM\\_SPP\\_ABUNDANCE\\_RECORDED\\_IN\\_JAKARTA\\_BAY/links/5ad451c8a6fdcc29358017f2/TEMPORAL-VARIATION-IN-CERATIUM-SPP-ABUNDANCE-RECORDED-IN-JAKARTA-BAY.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Arief-Rachman-5/publication/324537531_TEMPORAL_VARIATION_IN_CERATIUM_SPP_ABUNDANCE_RECORDED_IN_JAKARTA_BAY/links/5ad451c8a6fdcc29358017f2/TEMPORAL-VARIATION-IN-CERATIUM-SPP-ABUNDANCE-RECORDED-IN-JAKARTA-BAY.pdf)

Universidad de Alcalá (s.f.). *GEOLOGÍA FÍSICA II.LAS FORMAS DEL RELIEVE* [Diapositiva de PowerPoint]. [https://portal.uah.es/portal/page/portal/GP\\_EPD/PG-MA-ASIG/PG-ASIG-65108/TAB42351/GF-II-6.pdf](https://portal.uah.es/portal/page/portal/GP_EPD/PG-MA-ASIG/PG-ASIG-65108/TAB42351/GF-II-6.pdf)

Vázquez *et al.* 2021. *Catálogo de Fitoplancton de Sistemas Costeros del Golfo de México y Mar Caribe. Río Tuxpan, estero Tumilco, estero Jácome, laguna La Mancha, río Tonalá, Ría Lagartos e isla de Cozumel.* cemie-Océano, Universidad Autónoma de Campeche. 160 p.

Vargas Flores, T. y Villasante Condori, L.G. (2014). Clasificación de los microorganismos. *Revista de actualización clínica*, 44, Pp.2309-2312.

Vergaray *et al.* (2011). Calidad microbiana del agua de playas de Lima y su relación con focos de contaminación. *Revista del instituto de Investigación (RIIGEO)*. 14(27). PP.73-79.

Vargas-Montero, M. y Freer, E. (2004). Presencia de los dinoflagelados *Ceratium dens*, *C. fusus* y *C. furca* (Gonyaulacales: Ceratiaceae) en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Revista biológica tropical*. 52(1). A través de <https://tropicalstudies.org/rbt/attachments/suppls/sup52-1%20ANCA/13-VARGAS-Presencia.pdf>

Yepes Piqueras, V. (1999). Las playas en la gestión sostenible del litoral. *Agenda Valenciana del Turismo*, 4, P. 89-110

Wetzel, R.G. (s.f.). *Fitoplancton*. Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Agua

Zetina *et al* (2008). Análisis de modelos de perfil de playa en equilibrio aplicados a una playa de Yucatán, México. *Ingeniería*, 12(3), Pp.15-31.