



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA ÚNICO DE ESPECIALIZACIONES DE INGENIERÍA
INGENIERÍA CIVIL

“Evaluación sanitaria de playas Estudio de caso Playa Tamarindos”

TESINA
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
ESPECIALISTA EN INGENIERÍA SANITARIA

PRESENTA:
GARCÍA CABALLERO JUAN CARLOS

TUTOR
DR. ENRIQUE CÉSAR VALDEZ

Ciudad Universitaria, CD. MX., agosto 2024

Contenido

1. Introducción	7
1.1. Justificación.....	10
1.2. Objetivos	12
1.2.1. Objetivo general.....	12
1.2.2. Objetivos específicos	12
1.3 Alcances y limitaciones	13
2. Marco teórico.....	13
2.1 Tipos de estudios costeros y sus características	14
2.2 Análisis histórico de evaluación de playas	19
2.3 Enterococos y parámetros de calidad del agua	20
3. Metodología.....	31
3.1 Localización del área de estudio	31
3.2 Delimitación de las microcuencas de aportación	31
3.3 Muestreos	34
3.3.1 Clima y condiciones generales de la playa	34
3.3.2 Calidad del agua	36
3.3.3 Carga de bañistas.....	40
3.3.4 Fuentes potenciales de contaminación.....	40
3.4 Índice de calidad del agua	42
4. Resultados	44
4.1 Localización del área de estudio.....	44
4.2 Delimitación de las microcuencas de aportación	45
4.3 Muestreo	48
4.3.1 Clima y condiciones generales de la playa	49
4.3.1.1 Temperatura del aire.....	49
4.3.1.2 Velocidad y dirección del viento.....	49
4.3.1.3 Precipitación.	49
4.3.1.4 Condiciones del cielo.....	50
4.3.1.5 Altura e intensidad de las olas.....	50

4.3.1.6 Velocidad y dirección de la corriente costera.....	51
4.3.2 Calidad del agua.....	52
4.3.3 Carga de bañistas.....	62
4.3.4 Fuentes potenciales de contaminación.....	63
4.4 Índice de calidad del agua	66
5. Conclusiones.....	71
6. Recomendaciones.....	73
Referencias	74

Figuras

Figura 1 Estados de la República Mexicana con litoral (PROFEPA).....	8
Figura 2 Flujo de comunicación de riesgos (COFEPRIS, 2015).....	11
Figura 3 EAM Resultado del programa de monitoreo de calidad del agua en playas 2005-2018 (CONAGUA, 2019).....	15
Figura 4 Parámetros de calidad del agua más comunes en ICA (de Armas et al. 2010).	18
Figura 5 Histórico de enterococos Playa Hornos	20
Figura 6 Curvas de relación entre salinidad y conductividad eléctrica (Morcelle del Valle y Deorsola, 2015).	28
Figura 7 Delimitación de polígono Google Earth. Elaboración propia	32
Figura 8 Archivo del CEM importado a QGIS 3.26.3. Elaboración propia	32
Figura 9 Dirección de drenaje QGIS 3.26.3. Elaboración propia.....	33
Figura 10 Microcuencas de aportación QGIS 3.26.3. Elaboración propia	33
Figura 11 Localización de estación meteorológica de referencia. Google Earth...	34
Figura 12 Espectrofotómetro HACH DR/200.....	39
Figura 13 Imagen satelital playa Tamarindos. Fuente Google Earth.....	44
Figura 14 Parteaguas y cauce principal de la microcuenca 1	45
Figura 15 Cauce principal de la microcuenca 1.....	46
Figura 16 Parteaguas y cauce principal de la microcuenca 2	47
Figura 17 Cauce principal de la microcuenca 2.....	47
Figura 18 Localización de puntos de muestreo en imagen satelital. Google Earth	48
Figura 19 Condiciones del cielo muestreo 17:30 horas.....	50
Figura 20 Condiciones del cielo muestreo 9:00 horas.....	50
Figura 21 Salinidad en función de conductividad eléctrica muestreo 17:30 horas	55
Figura 22 Salinidad en función de conductividad eléctrica muestreo 9:00 horas ..	56
Figura 23 Descarga de agua residual en playa Tamarindos	63
Figura 24 Descarga de agua proveniente de un río en playa Tamarindos	63
Figura 25 Animal muerto en la orilla de playa Tamarindos	63
Figura 26 Curva coliformes fecales ICA	66
Figura 27 Curva pH ICA	66
Figura 28 Curva DBO5 ICA	67
Figura 29 Curva nitratos ICA.....	67
Figura 30 Curva fosfatos ICA	68
Figura 31 Curva cambio de temperatura ICA.....	68
Figura 32 Curva sólidos disueltos totales ICA	69
Figura 33 Oxígeno disuelto ICA	69

Tablas

Tabla 1 Principales destinos turísticos en el mundo (SECTUR, 2021).....	7
Tabla 2 Mayores ingresos económicos por turismo (SECTUR, 2021).	7
Tabla 3 Parámetros de calidad del agua más comunes en ICA (de Armas et al. 2010).	17
Tabla 4 Histórico de enterococos Playa Hornos.....	19
Tabla 5 Especies de enterococcus (Días et al., 2010)	21
Tabla 6 Presión barométrica a distintas elevaciones (Vernier Software & Technology).....	23
Tabla 7 Porcentaje de capacidad del oxígeno disuelto (mg/L) (Vernier Software & Technology).....	23
Tabla 8 Clasificación de agua por dureza (Castro et al., 2018).....	27
Tabla 9 Constantes de ecuación de salinidad (Morcelle del Valle y Deorsola, 2015).	29
Tabla 10 Métodos de prueba para determinación de parámetros del agua	30
Tabla 11 Condiciones del cielo. Fuente NOAA	35
Tabla 12 Clasificación de coliformes por color en el conteo.....	39
Tabla 13 Ponderación de parámetros del ICA.....	42
Tabla 14 Rango de valores del Índice de Calidad del Agua.....	43
Tabla 15 Coordenadas playa Tamarindos	44
Tabla 16 Propiedades de la microcuenca 1.	45
Tabla 17 Propiedades de la microcuenca 2.	46
Tabla 18 Coordenadas de puntos de muestreo	48
Tabla 19 Temperatura del aire	49
Tabla 20 Velocidad y dirección del viento	49
Tabla 21 Precipitación.....	49
Tabla 22 Condiciones del cielo.....	50
Tabla 23 Altura e intensidad de las olas muestreo 17:30 horas	50
Tabla 24 Altura e intensidad de las olas muestreo 9:00 horas	51
Tabla 25 Velocidad y dirección de la corriente costera muestreo 17:30 horas	51
Tabla 26 Velocidad y dirección de la corriente costera muestreo 9:00 horas	51
Tabla 27 Resultados de laboratorio enterococos fecales.....	52
Tabla 28 Parámetros físico - químicos del agua	53
Tabla 29 Color de la muestra	53
Tabla 30 Olor de la muestra	54
Tabla 31 Potencial de reducción de oxidación de la muestra	54
Tabla 32 Sólidos disueltos totales de la muestra	55
Tabla 33 Salinidad muestreo 17:30 horas.....	56

Tabla 34 Salinidad muestreo 9:00 horas	57
Tabla 35 Sólidos suspendidos totales de la muestra	57
Tabla 36 Cloro total de la muestra	58
Tabla 37 Nitratos de la muestra	58
Tabla 38 Nitritos de la muestra.....	59
Tabla 39 Sulfatos de la muestra.....	59
Tabla 40 Fosfatos de la muestra.....	60
Tabla 41 Coliformes fecales de la muestra	60
Tabla 42 Demanda bioquímica de oxígeno.....	61
Tabla 43 Carga de bañistas muestreo 17:30 horas.....	62
Tabla 44 Carga de bañistas muestreo 9:00 horas.....	62
Tabla 45 Animales domésticos en playa Tamarindos muestreo 17:30 horas	64
Tabla 46 Animales domésticos en playa Tamarindos muestreo 9:00 horas	65
Tabla 47 Cálculo del ICA.....	70
Tabla 48 Resultado del ICA.....	70

1. Introducción

México se posiciona como el segundo país en el ranking mundial en llegadas de turistas de acuerdo con la Organización Mundial de Turismo (OMT). Con un total de 31 millones 860 mil turistas en el año 2021 (SECTUR, 2021).

Tabla 1 Principales destinos turísticos en el mundo (SECTUR, 2021).

Posición	2015		2016		2017		2018		2019		2020 p/		2021 p/	
	Pais	Millones de Turistas												
	Total Mundial	1,195	Total Mundial	1,239	Total Mundial	1,347	Total Mundial	1,408	Total Mundial	1,466	Total Mundial	409	Total Mundial	446
1	Francia	84.5	Francia	82.7	Francia	86.9	Francia	89.4	Francia	90.9	Francia	41.7	Francia	48.4
2	Estados Unidos	77.5	Estados Unidos	75.9	España	81.9	España	82.8	España	83.5	Italia	25.2	México	31.9
3	España	68.5	España	75.3	Estados Unidos	77.2	Estados Unidos	79.7	Estados Unidos	79.4	México	24.3	España	31.2
4	China	56.9	China	59.3	China	60.7	China	62.9	China	65.7	Estados Unidos	19.2	Turquía	29.9
5	Italia	50.7	Italia	52.4	Italia	58.3	Italia	61.6	Italia	64.5	España	18.9	Italia	26.9
6	Turquía	39.5	Reino Unido	35.8	Reino Unido	39.6	Turquía	45.8	Turquía	51.2	Turquía	15.9	Estados Unidos	22.1
7	Alemania	35.0	Alemania	35.6	México	39.3	México	41.3	México	45.0	Austria	15.1	Grecia	14.7
8	Reino Unido	34.4	México	35.1	Turquía	37.6	Alemania	38.9	Tailandia	39.8	Alemania	12.4	Austria	12.7
9	México	32.1	Tailandia	32.6	Alemania	37.5	Reino Unido	38.7	Alemania	39.6	Reino Unido	10.7	Alemania	11.7
10	Tailandia	29.9	Turquía	30.3	Tailandia	35.6	Tailandia	38.2	Reino Unido	39.4	Polonia	8.4	Coacia	10.6
11	Rusia	26.9	Austria	28.1	Austria	29.5	Japón	31.2	Austria	31.9	China	8.0	China	N.d.
12	Austria	26.7	Malasia	26.8	Japón	28.7	Austria	30.8	Japón	31.8	Hungría	7.4	Polonia	9.7
13	Hong Kong	26.7	Hong Kong	26.6	Hong Kong	27.9	Grecia	30.1	Grecia	31.3	Grecia	7.4	Rusia	N.d.
14	Malasia	25.7	Grecia	24.8	Grecia	27.2	Hong Kong	29.3	Malasia	26.1	Países Bajos	7.3	Portugal	9.6
15	Grecia	23.6	Rusia	24.6	Malasia	25.9	Malasia	25.8	Portugal	24.6	Emiratos Árabes	7.2	Emiratos Árabes	N.d.
16	Japón	19.7	Japón	24.0	Rusia	24.4	Rusia	24.6	Rusia	24.6	Tailandia	6.7	Hungría	7.9
17	Arabia Saudita	18.0	Canadá	20.0	Portugal	21.2	Portugal	22.8	Hong Kong	23.8	Portugal	6.5	Reino Unido	N.d.
18	Canadá	18.0	Arabia Saudita	18.0	Canadá	20.9	Canadá	21.1	Canadá	22.1	Rusia	6.4	Países Bajos	6.2
19	Polonia	16.7	Polonia	17.5	Polonia	18.4	Polonia	19.6	Emiratos Árabes	21.6	India	6.3	Dinamarca	N.d.
20	Macao (China)	14.3	Corea	17.2	Países Bajos	17.9	Países Bajos	18.8	Polonia	21.2	Dinamarca	5.9	Albania	5.3

Como consecuencia de esto, en 2021 se colocó en la novena posición de ingresos económicos por visitantes extranjeros, con un total de 19 mil 765 millones de dólares (SECTUR, 2021).

Tabla 2 Mayores ingresos económicos por turismo (SECTUR, 2021).

Posición	2015		2016		2017		2018		2019		2020 p/		2021 p/	
	Pais	Miles de Millones de Dólares	Pais	Miles de Millones de Dólares	Pais	Miles de Millones de Dólares	Pais	Miles de Millones de Dólares	Pais	Miles de Millones de Dólares	Pais	Miles de Millones de Dólares	Pais	Miles de Millones de Dólares
	Total Mundial	1,221	Total Mundial	1,245	Total Mundial	1,347	Total Mundial	1,457	Total Mundial	1,483	Total Mundial	535	Total Mundial	535
1	Estados Unidos	205.4	Estados Unidos	206.9	Estados Unidos	210.7	Estados Unidos	214.7	Estados Unidos	199.0	Estados Unidos	72.5	Estados Unidos	70.2
2	España	56.5	España	75.3	España	81.5	España	73.8	España	79.7	Francia	32.6	Francia	40.8
3	Reino Unido	45.5	Francia	54.5	Francia	58.9	Francia	66.0	Francia	63.5	Australia	25.8	España	34.5
4	China	45.0	Tailandia	48.8	Tailandia	52.4	Tailandia	56.4	Tailandia	59.8	Emiratos Árabes Uni	24.6	Emiratos Árabes Uni	34.4
5	Tailandia	44.9	Reino Unido	47.9	Reino Unido	47.5	Italia	49.3	Reino Unido	52.7	Alemania	22.1	Italia	25.2
6	Francia	44.9	China	44.4	Italia	44.2	Reino Unido	48.6	Italia	49.6	Italia	19.8	Reino Unido	22.7
7	Italia	39.4	Italia	40.2	Australia	41.7	Australia	45.0	Japón	46.1	Reino Unido	18.9	Alemania	22.2
8	Alemania	36.9	Alemania	37.5	Alemania	39.9	Alemania	43.0	Australia	45.7	España	10.5	Turquía	20.0
9	Hong Kong (China)	36.2	Australia	37.0	China	38.6	Japón	42.1	Alemania	41.8	Austria	13.8	México	19.8
10	Macao (China)	31.0	Hong Kong (China)	32.8	Macao (China)	35.9	Macao (China)	40.7	Macao (China)	40.1	Tailandia	13.5	Australia	17.0
11	Australia	28.9	Japón	30.7	Japón	34.1	China	40.4	Emiratos Árabes	38.4	Canadá	13.5	Macao (China)	15.4
12	Turquía	26.6	Macao (China)	30.4	Hong Kong (China)	33.3	Hong Kong (China)	36.9	China	35.8	India	13.0	Canadá	13.1
13	Japón	25.0	India	22.4	India	27.4	India	28.6	India	30.7	México	11.0	Grecia	12.4
14	India	21.0	México	19.6	Canadá	25.0	Canadá	26.4	Turquía	29.8	Japón	10.7	Portugal	11.9
15	Austria	18.2	Emiratos Árabes Uni	19.5	Turquía	22.5	Turquía	25.2	Canadá	28.0	Corea, Rep. de	10.3	China	11.3
16	México	17.7	Austria	19.3	México	21.3	Austria	23.1	Hong Kong	23.1	Turquía	10.2	Coacia	10.8
17	Malasia	17.6	Singapur	18.9	Emiratos Árabes Unidos	21.0	México	22.5	México	24.6	Suiza	10.0	Corea (ROK)	10.5
18	Emiratos Árabes Uni	17.5	Turquía	18.7	Austria	20.5	Emiratos Árabes Uni	21.4	Austria	22.9	China	10.0	Austria	10.4
19	Singapur	16.6	Malasia	18.1	Singapur	19.9	Singapur	20.4	Corea, Rep. de	20.9	Países Bajos	9.7	Suiza	10.3
20	Canadá	16.6	Canadá	18.0	Malasia	18.4	Portugal	20.1	Portugal	20.5	Macao (China)	9.2	Países Bajos	9.4

Lo anterior impacta directamente de manera positiva en un incremento del 6.7% al Producto Interno Bruto nacional de acuerdo con la SECTUR en el año 2020.

El turismo beneficia a micro, pequeñas y medianas empresas, en especial al sector terciario con respecto a otras actividades productivas. Incentiva a la preservación de los ecosistemas y la cultura, además de favorecer el desarrollo de las comunidades en cuestión (SECTUR, 2013).

México tiene ventajas debido a su ubicación geográfica, ya que cuenta con una línea de costa de 11,122 km a lo largo de su territorio, dividida en dos literales, con extensión de 7,829 km el del Océano Pacífico y de 3,294 km el del Golfo de México y Mar Caribe (CONAGUA, 2019). En la figura 1 se muestran aquellos estados de la República Mexicana que pertenecen al litoral.

Figura 1 Estados de la República Mexicana con litoral (PROFEPA).



Con base en registros del Sistema Nacional de la Información Estadística del Sector Turismo de México (datatur), la principal ocupación hotelera de turistas extranjeros fue en destinos del pacífico norte y del Caribe, de los cuales el 77% se concentró en tres destinos: Riviera Maya (38%), Cancún (29%) y Los Cabos (10%). Por el contrario, los turistas locales tienen menor preferencia por ubicaciones del Pacífico sur y Golfo de México - Caribe (31%), donde los principales son: Acapulco (30%), Veracruz (15%), Cancún (12.1%), Mazatlán (8.1%) y Puerto Vallarta (7.2%).

Actualmente, la recreación en playas crea empleos en las localidades costeras, generando ingresos económicos para los habitantes. Para fines de esta investigación se definirá el concepto de “playa” como un rasgo geomorfológico sujeto a interacciones de marea, corrientes, viento y depósito de sedimentos, en lapsos de horas hasta miles de años (Enríquez, 2003).

Es indispensable el monitoreo de la calidad de las playas para garantizar la salud humana, silvestre y del ecosistema, por lo que en este trabajo de investigación se evaluará la calidad de la Playa Tamarindos, en el estado de Guerrero, con base en el Manual de Usuario: Encuestas Sanitarias para Aguas Marinas con Usos Recreativos de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (US EPA), puesto que en comparación con la norma NMX-AA-120-SCFI-2016 que establece los requisitos y especificaciones de sustentabilidad de calidad de playas; se enfoca únicamente en la evaluación sanitaria de la playa considerando parámetros específicos. Mientras que en la normatividad mexicana se establece como parámetro único de calidad del agua la concentración de Enterococos fecales (NMP/100 ml).

1.1. Justificación

Las playas son propensas a recibir contaminantes naturales y antropogénicos tales como aguas residuales, residuos sólidos urbanos, plaguicidas, fertilizantes, detergentes, hidrocarburos, entre otros, y que afectan la calidad del agua y la salud humana y del ecosistema. En algunas zonas la descarga de fertilizantes genera un exceso del nutriente que favorece el crecimiento excesivo de algas, organismos que agotan el oxígeno disponible, impidiendo la presencia de vida marina en el cuerpo de agua (Dimas *et al.* 2016).

Otro riesgo para la vida marina son los residuos sólidos de difícil degradación como bolsas o envases de plástico, que a menudo son ingeridos por mamíferos marinos, peces y aves, lo que puede llegar a ser letal para ellos (Dimas *et al.* 2016).

Para el ser humano el riesgo surge con la presencia de microorganismos patógenos y no patógenos, ya que pueden ocasionar enfermedades que generalmente son transmitidas por ruta fecal – oral, aunque también se incluyen otras rutas como oídos, ojos, fosas nasales, etc (COFEPRIS, 2015).

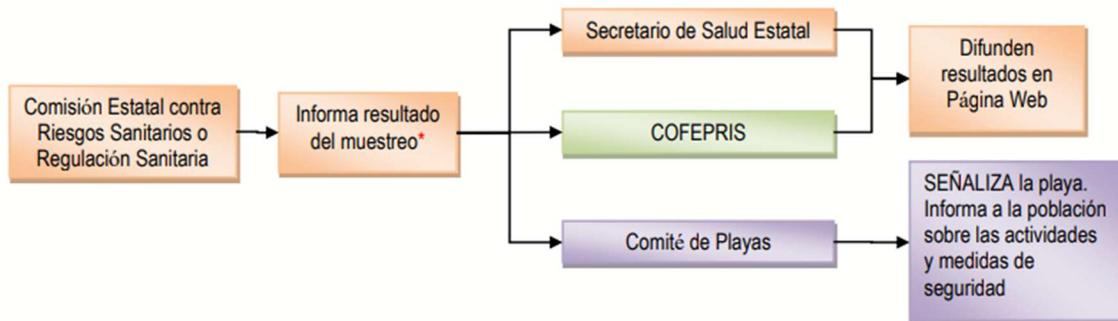
Por ello, es de vital importancia monitorear la concentración de dichos contaminantes, ya que el uso de la mayoría de las playas en el estado de Guerrero es recreativo, por lo que es fundamental preservar la calidad del agua para garantizar la protección a la salud de los usuarios, mediante análisis de campo y laboratorio se hace una caracterización de esta y se determina si cumple con los límites máximos permisibles, establecidos por la normatividad aplicable (Dimas *et al.* 2016).

La Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios y autoridades Estatales de Salud se dan a la tarea de coordinar actividades de monitoreo en playas turísticas de México con fines recreativos, cuyo objetivo primordial es prevenir la exposición de los usuarios a contaminación bacteriana presente en el agua. De acuerdo con información de la Organización Mundial de la Salud (OMS)

la calidad del agua se identifica por medio del indicador del análisis de enterococos fecales, que en México tiene un límite máximo de 200 NMP/100 mL para que la playa se considere apta para uso recreativo, de lo contrario cuando se exceda el valor anterior la playa será considerada como no apta para uso recreativo. (COFEPRIS, 2015).

Como resultado de la evaluación sanitaria se tiene obtiene un reporte con información que permita a instituciones encargadas, proponer medidas de mitigación o restauración de la playa, tras conocer a detalle la afectación ocasionada por las distintas fuentes de contaminación que son incluidas en el manual de la *USEPA* y omitidas en la normatividad mexicana. Teniendo la capacidad de prevenir y alertar a los bañistas que decidan ingresar o no a la playa. Además de agilizar la intervención de la autoridad y evitar percances (COFEPRIS, 2015).

Figura 2 Flujo de comunicación de riesgos (COFEPRIS, 2015)



1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Evaluar la Calidad de la playa Tamarindos en el estado de Guerrero con base en el Manual de Usuario: Encuestas Sanitarias para Aguas Marinas con Usos Recreativos de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (US EPA) para determinar si el cuerpo de agua es apto o no apto para recreación.

1.2.2. Objetivos específicos

1. Calcular el área de aportación y la cuenca hidrográfica que delimita el área de interés por medio de Sistemas de Información Geográfica, utilizando información obtenida del Sistema Meteorológico Nacional con el fin de obtener variables como parteaguas y cauces principales que desembocan y así localizar los puntos de muestreo
2. Realizar un estudio sobre la calidad del agua, mediante el análisis de las características físicas, químicas y organolépticas de las muestras obtenidas; Así como revisar las condiciones de la playa, con base en los lineamientos del manual.
3. Determinar si la playa Tamarindos en el estado de Guerrero es apta o no apta para actividades recreativas de acuerdo con los parámetros establecidos por la NMX-AA-120-SCFI-2016, Índice de calidad del agua de la Fundación de Sanidad Nacional de EE.UU y de la Encuesta Sanitaria para Aguas Marinas con Usos Recreativos de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (US EPA).

1.3 Alcances y limitaciones

- Se realizó solo una campaña de muestreo en temporada de lluvias (septiembre de 2023).
- Los parámetros de calidad del agua determinados son: Enterococos fecales, Coliformes fecales, *Escherichia coli*, Demanda bioquímica de oxígeno (DBO), nitritos, nitratos, fosfatos, cloro total, sólidos disueltos totales, sólidos suspendidos totales (SST) y salinidad. Todos ellos obtenidos de manera particular con excepción de los enterococos fecales, cuya obtención fue mediante un laboratorio privado.
- El muestreo dirigido se realizó en 3 puntos considerando la variabilidad espacial y temporal en 2 horarios distintos (9:00 y 17:30 horas).

2. Marco teórico

Las investigaciones realizadas en playas turísticas se dividen en dos grupos: aquellas que se dirigen a evaluar las características físicas del entorno, y las que se enfocan en atributos psicosociales de los usuarios (Enríquez, 2003).

La variabilidad de cambios predomina en zonas de litoral donde se lleva a cabo una gran diversidad de actividades humanas, que tienen por consecuencia el deterioro de la calidad del agua. Dichas zonas han tenido un crecimiento poblacional intenso, lo que repercute en una mayor demanda de servicios públicos e infraestructura, actividades que impactan directa e indirectamente a las emisiones de contaminantes depositados en playas cercanas (Williams y Morgan, 2005).

Con el fin de preservar la playa y la salud de los usuarios se realizan evaluaciones físicas, químicas y organolépticas del agua, además de analizar características particulares de la playa en general, con la cual se clasifica el cuerpo de agua como

apto o no apto para recreación. En el caso de que las condiciones sean favorables, se propone incentivarlo otorgando certificaciones que ofrezcan seguridad a los visitantes, atrayendo el turismo y contribuyendo con la economía local, de la cual dependen muchos hogares. Al incentivar, se impulsa el cuidado de las playas y se crea conciencia de cambio en las personas nativas y los visitantes (Williams y Morgan, 2005).

Los parámetros humanos resultan más complicados de evaluar, ya que involucran la opinión de cada usuario que en casi todos los casos es distinta, en función de su percepción del entorno. Es por ello que muchas de estas evaluaciones que se realizan en cuerpos de agua costeros alrededor del mundo le restan importancia, aun cuando son parámetros esenciales para un estudio exitoso (Williams y Morgan, 2005).

2.1 Tipos de estudios costeros y sus características.

En México existe un programa de evaluación del agua en playas denominado “Playas Limpias”, el cual opera desde el año 2003 y que, además de coincidir con los objetivos de la mayoría de los programas internacionales, busca elevar los niveles de competitividad de las playas turísticas en el país. Las autoridades estatales de salud, en coordinación con la Secretaría de Salud, realizan muestreos y pruebas en laboratorio en los 17 estados que cuentan con litoral, sumando un total de 66 destinos turísticos y 267 playas (CONAGUA, 2019).

La Secretaría de Salud toma como indicador de la calidad del agua los enterococos fecales, que a partir del año 2003 se estableció un valor límite de 500 NMP/100 ml (Número Más Probable/100 ml) y en 2010 se modificó el valor a 200 NMP/100 ml. De acuerdo con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) el histórico muestra un aumento en el número de destinos y la calidad del agua han aumentado considerablemente con el paso de los años, el segundo parámetro en un lapso del 2005 al 2018. La figura 3 muestra gráficamente el comportamiento de los valores con base en las Estadísticas del Agua en México (EAM) (CONAGUA, 2019).

Figura 3 EAM Resultado del programa de monitoreo de calidad del agua en playas 2005-2018 (CONAGUA, 2019)



Los microorganismos indicadores poseen comportamientos similares a los patógenos que pueden dañar la salud de los usuarios, tienen como principal ventaja que su determinación es menos costosa, son fácilmente identificables y su presencia garantiza la misma concentración de patógenos (Arroyo, 2017).

La norma mexicana NMX-AA-120-SCFI-2006 establece un límite máximo permisible de 100 NMP/100 ml, esta norma contiene medidas ambientales para protección al ambiente enfocándose en calidad del agua, infraestructura, biodiversidad, seguridad, etc. La certificación por este medio tiene una vigencia de dos años e incluye dos tipos de playa; aquella apta para uso recreativo y prioritaria para la conservación (Dimas *et al.*, 2016).

Otra certificación disponible es la *Blue Flag* que incentiva a aquellos destinos con excelencia en gestión y manejo ambiental, seguridad, higiene, educación y difusión. Para el año 2018, 30 playas tienen certificación con la norma NMX-AA-120-SCFI-2006, 25 con *Blue Flag* y 12 con ambas certificaciones (CONAGUA, 2019).

Por otro lado, la Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. (EPA) por sus siglas en inglés, ha publicado un manual con encuestas sanitarias que incluye su

aplicación, con el fin de identificar y sintetizar información acerca de cuerpos de agua salinos con uso recreativo, recopilando datos de calidad de agua, fuentes de contaminación, cuencas hidrográficas y usos de suelo (USEPA, 2021).

Las medidas deben realizarse con frecuencia ya que las playas son sistemas dinámicos y tienden a sufrir cambios constantes a lo largo del tiempo. De acuerdo con las medidas que se buscan obtener a raíz de la evaluación, ya sean a corto o largo plazo, se tienen estudios de rutina y anual, respectivamente (USEPA, 2021).

La encuesta sanitaria de rutina marina consiste en la toma de muestras de agua y datos de relevancia del día actual, tomando nota de los métodos utilizados en formatos proporcionados y que servirá como respaldo de las encuestas anuales. Este tipo de encuesta se enfoca en caracterizar las muestras, y evaluar los riesgos potenciales a la salud de los bañistas o usuarios en general que tengan exposición directa con el agua. Con los informes obtenidos los administradores proceden a clasificar los cuerpos de agua para su notificación a la población en general. Por otro lado, esta información es indispensable para tener un registro histórico que permita realizar una correcta planificación que se base en la calidad del agua y la conservación del ecosistema a largo plazo, permitiendo tomar decisiones oportunas en beneficio del cuerpo de agua (USEPA, 2021).

La encuesta anual está compuesta por la misma información de la encuesta sanitaria de rutina marina, agregando la obtención de datos acerca de uso de suelo de la zona como mapas de área, variación de datos a lo largo del año con el cambio de estaciones e información adicional acerca de posibles fuentes de contaminación (USEPA, 2021).

Con respecto al agua, una manera de caracterizarla es mediante el Índice de Calidad de Agua (ICA) que analiza parámetros físicos, químicos y biológicos de cuerpos superficiales o subterráneas y los integra en un modelo matemático que evalúa su estado (Caho – Rodríguez y López, 2017).

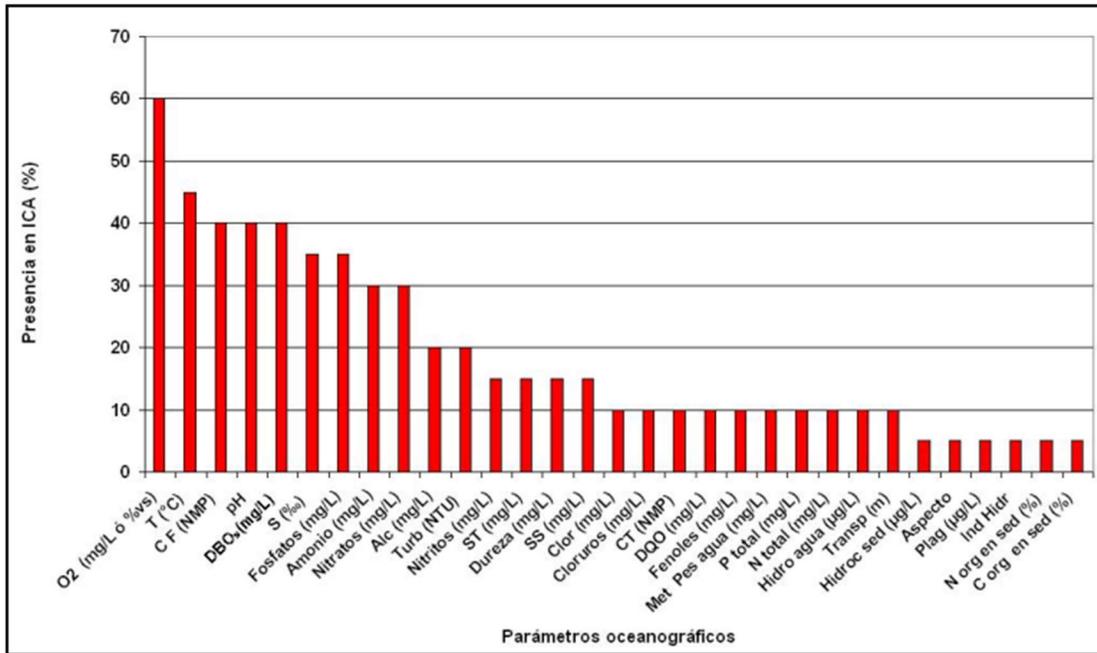
Es una herramienta que se utiliza para transmitir información de manera sencilla a través de números, rangos, símbolos, colores, entre otros. Con respecto a la calidad del agua en estudio (de Armas *et al.* 2010).

Con base en un análisis realizado a 31 parámetros oceanográficos en 20 ICA (6 norteamericanos, 7 colombianos, 1 mexicano, 4 holandeses y 2 cubanos) En la tabla 4 se muestran en orden descendente comenzando por el más común.

Tabla 3 Parámetros de calidad del agua más comunes en ICA (de Armas et al. 2010).

Parámetro	Número de índices en los que aparece
Oxígeno disuelto (mg/L)	12
Temperatura (°C)	9
Coliformes fecales, pH y DBO₅	8
Salinidad y fosfatos	7
Nitrógeno de nitrato y amoniacal	6
Alcalinidad y turbidez	4
Nitrógeno de nitrito, sólidos totales, dureza y sólidos suspendidos	3
Cloruros, coliformes totales, DQO, clorofila, fenoles, metales pesados, fósforo total, nitrógeno total, hidrocarburos y transparencia	2
Hidrocarburos en sedimentos, aspecto, plaguicidas, índice hidrodinámico, nitrógeno y carbono orgánico	1

Figura 4 Parámetros de calidad del agua más comunes en ICA (de Armas et al. 2010).



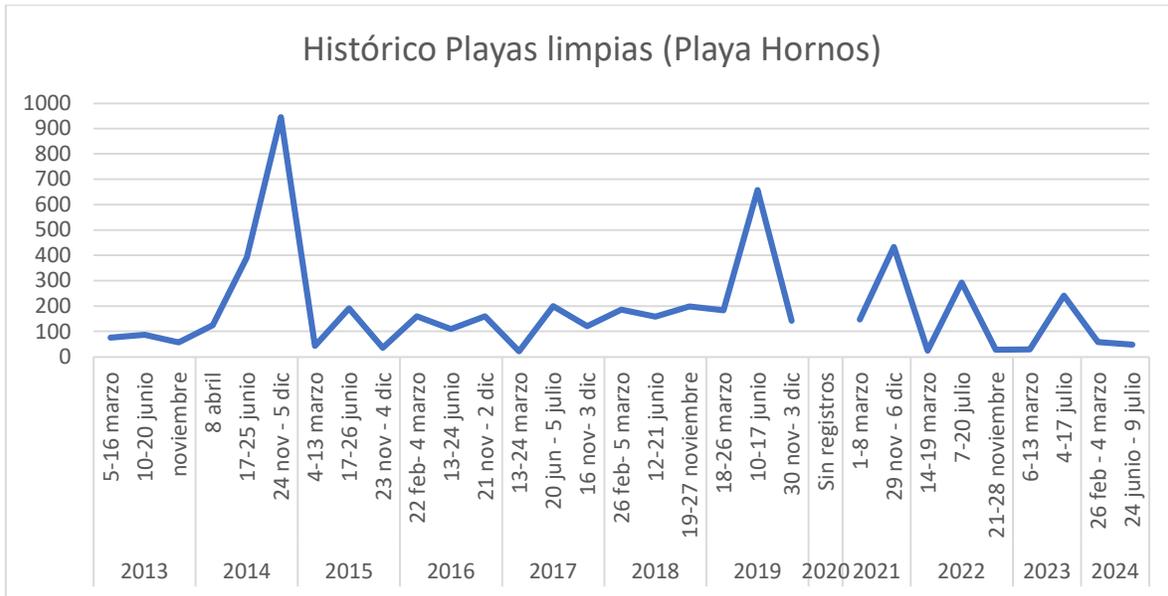
2.2 Análisis histórico de evaluación de playas

De acuerdo con información obtenida de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, el histórico de mediciones de enterococos fecales para la evaluación del programa “Playas Limpias” desde el año 2013 a la actualidad es:

Tabla 4 Histórico de enterococos Playa Hornos

Histórico Playas limpias (Playa Hornos)		
Año	Periodo	Enterococos fecales (NMP/100 ml)
2013	5-16 marzo	75
	10-20 junio	87
	noviembre	57
2014	8 abril	124
	17-25 junio	392
	24 nov - 5 dic	945
2015	4-13 marzo	43
	17-26 junio	191
	23 nov - 4 dic	35
2016	22 feb- 4 marzo	159
	13-24 junio	109
	21 nov - 2 dic	159
2017	13-24 marzo	22
	20 jun - 5 julio	199
	16 nov- 3 dic	121
2018	26 feb- 5 marzo	186
	12-21 junio	158
	19-27 noviembre	198
2019	18-26 marzo	183
	10-17 junio	657
	30 nov- 3 dic	142
2020	Sin registros	
2021	1-8 marzo	147
	29 nov - 6 dic	433
2022	14-19 marzo	24
	7-20 julio	292
	21-28 noviembre	28
2023	6-13 marzo	29
	4-17 julio	241
2024	26 feb - 4 marzo	58
	24 junio - 9 julio	48

Figura 5 Histórico de enterococos Playa Hornos



2.3 Enterococos y parámetros de calidad del agua

Los *enterococcus* son bacterias esféricas u ovoides de tamaño 0.6-2.0 x 0.6-2.5 µm que se alojan dentro del intestino de diversos organismos, entre los que se encuentra el ser humano. Tienen la capacidad de vivir en ambientes hostiles de sales, temperatura, pH, etc. y de acuerdo con el Sistema Nacional de Vigilancia de las Infecciones Nosocomiales de Estados Unidos (NNIS) se consideran como una de las principales causas de infecciones nosocomiales en el país (Díaz *et al.* 2010).

En la tabla 3 se enlistan las especies del género *enterococcus*.

Tabla 5 Especies de enterococcus (Días et al., 2010)

Especies de enterococcus

E. faecalis	E. gilvus	E. mundtii
E. avium	E. hermannienseis	E. canis
E. moravienseis	E. gallinarum	E. asini
E. termitis	E. cecorum	E. canintestini
E. faecium	E. saccharolyticus	E. pseudoavium
E. hirae	E. sulfureus	E. raffinosus
E. villorum	E. italicus	E. pallens
E. ratti	E. haemoperoxidus	E. devriesei
E. phoniculicola	E. silesiacus	E. casseliflavus
E. avium	E. caccae	E. columbae
E. malodoratus	E. durans	E. aquimarinus
		E. dispar

Dichas especies representan un riesgo para la salud humana, ya que son capaces de provocar enfermedades respiratorias, gastroenteritis, conjuntivitis e infecciones en la piel. Son resistentes ante agentes antimicrobianos como antibióticos (Díaz *et al.* 2010).

Con el fin de evaluar la calidad de un cuerpo de agua se enumera este tipo de bacterias que son excretadas en las heces de seres humanos y animales de sangre caliente y que su permanencia en un cuerpo de agua favorece la aparición de gérmenes patógenos. Su análisis se realiza mediante la técnica del número más probable (NMP) (Díaz *et al.* 2010).

La importancia de los ecosistemas costeros radica en la gran diversidad de tipos de hábitat que contienen, además del gran número de especies que habitan en él y los nutrientes que tienen la capacidad de filtrar contaminantes inducidos por los cuerpos de agua dulce que desembocan en las playas. Tienen funciones de protección al evitar la erosión de la costa y brindan resguardo ante desastres naturales como tormentas (Dimas *et al.*, 2016).

Parámetros obtenidos in situ

Oxígeno disuelto

Directamente relacionado con la estética del agua y la vida acuática, es el parámetro más común en los ICA analizados por de Armas *et al.* 2010. Debido a que los organismos de respiración aerobia dependen de la concentración de este para su supervivencia, requiriendo concentraciones de entre 0.1 mg/L a 2.0 mg/L para algunos crustáceos, hasta valores superiores a 4 mg/L para algunas especies de peces (Arroyo, 2017). Cuando se tienen valores bajos de Oxígeno disuelto (OD) generalmente son ocasionados por la presencia de materia orgánica por parte de aquellos organismos que la degradan, por material inorgánico parcialmente oxidado. Cuando se tiene nula demanda de OD su concentración depende de la presión atmosférica y la temperatura del agua (Posada *et al.* 2013).

Se utilizarán tablas obtenidas de la bibliografía para realizar la conversión del oxígeno disuelto en [mg/L] a % de saturación en función de la temperatura de la muestra y la presión barométrica a la elevación del terreno que corresponda.

Tabla 6 Presión barométrica a distintas elevaciones (Vernier Software & Technology).

Elevación (pies)	Presión (mm Hg)	Elevación (pies)	Presión (mm Hg)	Elevación (pies)	Presión (mm Hg)
0	760	2000	708	4000	659
250	753	2250	702	4250	653
500	746	2500	695	4500	647
750	739	2750	689	4750	641
1000	733	3000	683	5000	635
1250	727	3250	677	5250	629
1500	720	3500	671	5500	624
1750	714	3750	665	5750	618

Tabla 7 Porcentaje de capacidad del oxígeno disuelto (mg/L) (Vernier Software & Technology).

	770 mm	760 mm	750 mm	740 mm	730 mm	720 mm	710 mm	700 mm	690 mm	680 mm	670 mm	660 mm
0°C	14.76	14.57	14.38	14.19	13.99	13.80	13.61	13.42	13.23	13.04	12.84	12.65
1°C	14.38	14.19	14.00	13.82	13.63	13.44	13.26	13.07	12.88	12.70	12.51	12.32
2°C	14.01	13.82	13.64	13.46	13.28	13.10	12.92	12.73	12.55	12.37	12.19	12.01
3°C	13.65	13.47	13.29	13.12	12.94	12.76	12.59	12.41	12.23	12.05	11.88	11.70
4°C	13.31	13.13	12.96	12.79	12.61	12.44	12.27	12.10	11.92	11.75	11.58	11.40
5°C	12.97	12.81	12.64	12.47	12.30	12.13	11.96	11.80	11.63	11.46	11.29	11.12
6°C	12.66	12.49	12.33	12.16	12.00	11.83	11.67	11.51	11.34	11.18	11.01	10.85
7°C	12.35	12.19	12.03	11.87	11.71	11.55	11.39	11.23	11.07	10.91	10.75	10.59
8°C	12.05	11.90	11.74	11.58	11.43	11.27	11.11	10.96	10.80	10.65	10.49	10.33
9°C	11.77	11.62	11.46	11.31	11.16	11.01	10.85	10.70	10.55	10.39	10.24	10.09
10°C	11.50	11.35	11.20	11.05	10.90	10.75	10.60	10.45	10.30	10.15	10.00	9.86
11°C	11.24	11.09	10.94	10.80	10.65	10.51	10.36	10.21	10.07	9.92	9.78	9.63
12°C	10.98	10.84	10.70	10.56	10.41	10.27	10.13	9.99	9.84	9.70	9.56	9.41
13°C	10.74	10.60	10.46	10.32	10.18	10.04	9.90	9.77	9.63	9.49	9.35	9.21
14°C	10.51	10.37	10.24	10.10	9.96	9.83	9.69	9.55	9.42	9.28	9.14	9.01
15°C	10.29	10.15	10.02	9.88	9.75	9.62	9.48	9.35	9.22	9.08	8.95	8.82
16°C	10.07	9.94	9.81	9.68	9.55	9.42	9.29	9.15	9.02	8.89	8.76	8.63
17°C	9.86	9.74	9.61	9.48	9.35	9.22	9.10	8.97	8.84	8.71	8.58	8.45
18°C	9.67	9.54	9.41	9.29	9.16	9.04	8.91	8.79	8.66	8.54	8.41	8.28
19°C	9.47	9.35	9.23	9.11	8.98	8.86	8.74	8.61	8.49	8.37	8.24	8.12
20°C	9.29	9.17	9.05	8.93	8.81	8.69	8.57	8.45	8.33	8.20	8.08	7.96
21°C	9.11	9.00	8.88	8.76	8.64	8.52	8.40	8.28	8.17	8.05	7.93	7.81
22°C	8.94	8.83	8.71	8.59	8.48	8.36	8.25	8.13	8.01	7.90	7.78	7.67
23°C	8.78	8.66	8.55	8.44	8.32	8.21	8.09	7.98	7.87	7.75	7.64	7.52
24°C	8.62	8.51	8.40	8.28	8.17	8.06	7.95	7.84	7.72	7.61	7.50	7.39
25°C	8.47	8.36	8.25	8.14	8.03	7.92	7.81	7.70	7.59	7.48	7.37	7.26
26°C	8.32	8.21	8.10	7.99	7.89	7.78	7.67	7.56	7.45	7.35	7.24	7.13
27°C	8.17	8.07	7.96	7.86	7.75	7.64	7.54	7.43	7.33	7.22	7.11	7.01
28°C	8.04	7.93	7.83	7.72	7.62	7.51	7.41	7.30	7.20	7.10	6.99	6.89
29°C	7.90	7.80	7.69	7.59	7.49	7.39	7.28	7.18	7.08	6.98	6.87	6.77
30°C	7.77	7.67	7.57	7.47	7.36	7.26	7.16	7.06	6.96	6.86	6.76	6.66
31°C	7.64	7.54	7.44	7.34	7.24	7.14	7.04	6.94	6.85	6.75	6.65	6.55

Temperatura

Infiere en aspectos como metabolismo, crecimiento, comportamiento, respiración, reproducción, alimentación, entre otras, de animales y plantas en el cuerpo de agua. Es un propiedad que al tener una ligera variación puede poner en riesgo al ecosistema (de Armas *et al.* 2010).

pH

Corresponde a una medida de la concentración de iones hidrógeno o de la acidez de un agua. De acuerdo con la *USEPA* el pH es considerado un contaminante secundario que en valores inferiores a 6.5 se considera como agua corrosiva y por encima de 8.5 alcalina (Sigler y Bauder, 2017). Cuando el pH se encuentra en un rango de entre 5-9 unidades puede ocasionar que algunos contaminantes presentes en el agua aumenten su toxicidad (de Armas *et al.* 2010).

Conductividad eléctrica

Está directamente relacionada con la concentración de sales en el agua, mismos que generan iones capaces de transportar una corriente eléctrica a través de ella, se expresa en unidades de micro *siemens* por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$) y tiene una variación en función de la temperatura del agua al modificarse la solubilidad de las sales (Castro *et al.* 2018).

Salinidad

Tiene relevancia en la supervivencia de especies en el ecosistema, aunque muchas de ellas resisten variaciones del parámetro, un brusco descenso de este puede traer consecuencias letales (de Armas *et al.* 2010).

Parámetros obtenidos en laboratorio

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

Es un parámetro que mide la cantidad de oxígeno requerido para degradar la materia orgánica presente en el agua, valores altos de DBO indican contaminación antropogénica e industrial que favorece el crecimiento de bacterias y hongos y el oxígeno requerido para la oxidación de materia orgánica limita la disponibilidad para la fauna y flora acuática (Lecca y Lizama, 2014).

Cuando el cuerpo de agua se enriquece de nutrientes en abundancia anormal, se promueve la proliferación de algas que alteran la calidad del agua. Mismas que aumentan considerablemente la biomasa, por lo que en cuerpos de agua cerrados pueden llegar a convertirlos en suelo firme tras ser depositada al fondo (Lecca y Lizama, 2014).

La DBO₅ se determina en un prueba a lo largo de cinco días a una temperatura de 20 °C y se basa en medir la cantidad de oxígeno transformada por los microorganismos presentes en la muestra durante el tiempo antes mencionado (Lecca y Lizama, 2014).

Para ello se prepara una dilución con agua saturada de oxígeno y nutrientes tales como:

- Solución de cloruro de calcio
- Solución amortiguadora de fosfatos
- Solución de cloruro férrico
- Solución de sulfato de magnesio

Se adiciona 1 ml por cada litro de agua a preparar.

Se utilizan frascos Winkler para depositar el agua de dilución y agregar 2 ml de Sulfato manganoso, álcali – yoduro – nitrato y ácido sulfúrico concentrado para fijar el oxígeno disuelto.

Finalmente se dosifican 2 gotas de almidón y se realiza la titulación de la muestra agregando tiosulfato de sodio 0.025M hasta obtener una muestra cristalina. Registrando el volumen suministrado y realizando el cálculo siguiente:

$$OD = \frac{M * V * 8 * 1000}{98.7}$$

Donde:

M= Molaridad de la solución estándar de tiosulfato de sodio

8= Gramos equivalente de oxígeno

V= Mililitros de tiosulfato gastados en la titulación, en mL

98.7=Volumen corregido por el desplazamiento de los reactivos en el frasco Winkler

Por último la DBO se calcula con la siguiente fórmula:

$$DBO_5 = \frac{OD_{inicial} - OD_{final}}{\% Disolución}$$

Donde:

DBO₅= Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco días

OD_{inicial}= Concentración de oxígeno disuelto al inicio de la prueba (mg/L)

OD_{final}= Concentración de oxígeno disuelto al final de la prueba (mg/L)

Sólidos Suspendidos Totales (SST)

Determina la cantidad de sólidos sedimentables y materia orgánica que se encuentre suspendida o coloidal. Principalmente aparece tras la descarga de aguas municipales y por la erosión del suelo (CONAGUA, 2019).

Coliformes fecales

Son un grupo de bacterias presentes en el intestino humano, y que generalmente son expulsadas en las heces, por lo que contaminan el cuerpo de agua receptor de aguas residuales municipales (de Armas *et al.* 2010). Son un parámetro utilizado como indicador biológico de contaminación ya que su presencia en una muestra de agua demuestra la presencia de organismos patógenos (Cortés, 2003). Su determinación se realiza normalmente por el método del Número Más Probable (NMP) utilizando un medio de cultivo durante un periodo de 24 a 48 horas a 44.5 ± 0.2 °C (CONAGUA, 2019).

Dureza

Mide la cantidad de metales alcalinotérreos en un cuerpo de agua, principalmente Calcio y Magnesio que tras la degradación de minerales y rocas aumentan el valor de esta. En la normatividad mexicana se expresa como carbonato de calcio (CaCO_3) y se clasifica en: (Castro *et al.*, 2018).

- *Dureza total.* Concentración de Calcio y Magnesio.
- *Dureza de carbonatos:* Calcio y Magnesio, y Bicarbonatos, Carbonatos e Hidróxidos.
- *Dureza de no carbonatos.* Calcio y Magnesio, y Sulfatos, Cloruros y Nitratos.
- Sales neutras. Sodio y Potasio, y Sulfatos, Cloruros y Nitratos.

De acuerdo con Castro *et al.*, 2018 las aguas se clasifican de acuerdo con la concentración de dureza en:

Tabla 8 Clasificación de agua por dureza (Castro *et al.*, 2018)

Tipo	Concentración
Aguas blandas	< 60 mg/L

Aguas ligeramente duras	60 mg/L a 120 mg/L
Aguas moderadamente duras	120 mg/L a 180 mg/L
Aguas duras	>180 mg/L

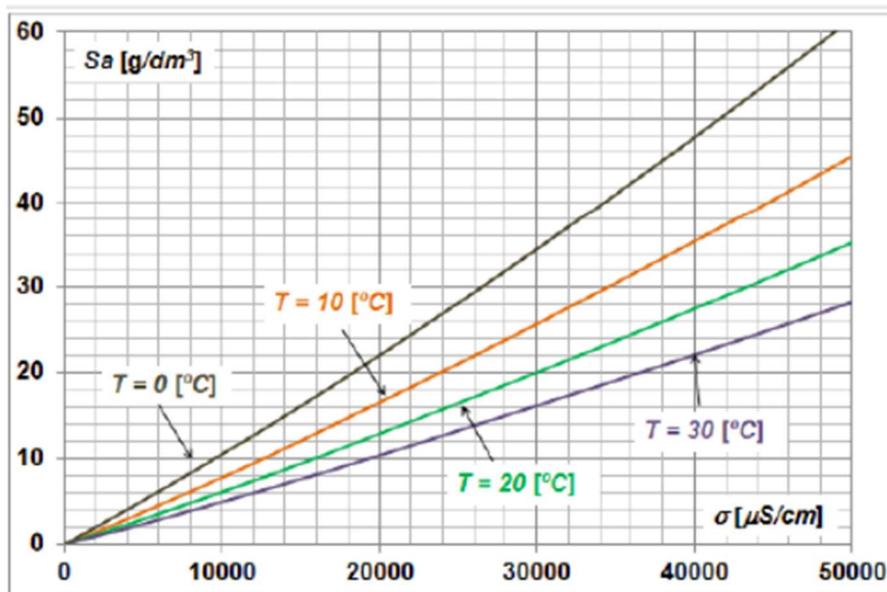
Salinidad

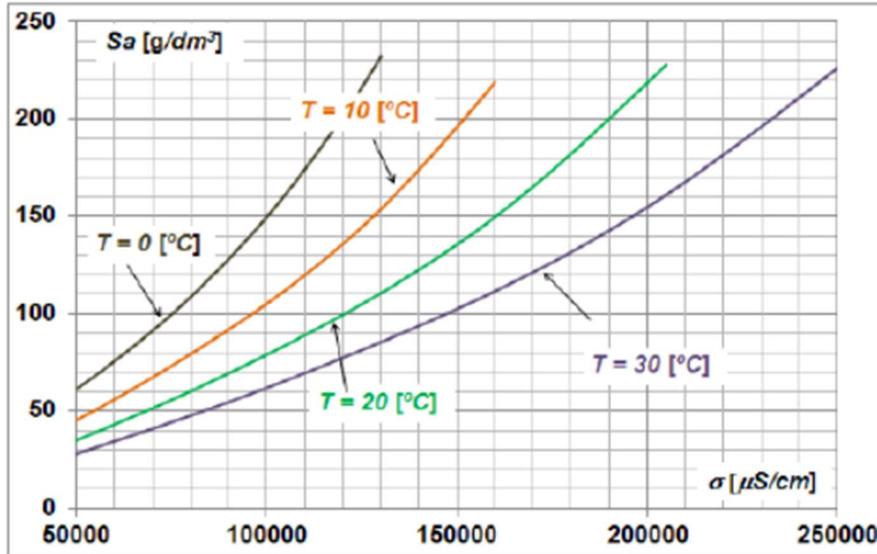
Corresponde a la medida del contenido de sal en una muestra de agua, generalmente medida en ppm o porcentaje. Su medición se puede realizar con un hidrómetro y se obtiene un dato de gravedad específica en función de la temperatura y el volumen de muestra, para así comparar el valor obtenido con la tabla de conversión correspondiente (USEPA, 2021).

Otra opción recomendada por la USEPA es relacionar la salinidad con la conductividad eléctrica de acuerdo con la temperatura, ya que una propiedad es aproximación de la otra.

(Morcelle del Valle y Deorsola, 2015) Desarrollaron un modelo que relaciona ambos parámetros de calidad del agua en una serie de curvas, mismas que dependen de la temperatura del agua.

Figura 6 Curvas de relación entre salinidad y conductividad eléctrica (Morcelle del Valle y Deorsola, 2015).





Las curvas anteriores se encuentran regidas por la siguiente ecuación:

$$Sa = (a_0 + a_1 \cdot T + a_2 \cdot T^2 + a_3 \cdot T^3) \cdot \sigma + (b_0 + b_1 \cdot T + b_2 \cdot T^2 + b_3 \cdot T^3) \cdot \sigma + (c_0 + c_1 \cdot T + c_2 \cdot T^2 + c_3 \cdot T^3) \cdot \sigma^2$$

Cuyas constantes se muestran en la tabla 11:

Tabla 9 Constantes de ecuación de salinidad (Morcelle del Valle y Deorsola, 2015).

		0	1	2	3
$\sigma < 50000 \mu\text{S/cm}$	a	$9.935 \cdot 10^{-4}$	$-3.116 \cdot 10^{-5}$	$6.493 \cdot 10^{-7}$	$-6.678 \cdot 10^{-9}$
	b	$5.945 \cdot 10^{-09}$	$-1.110 \cdot 10^{-10}$	$-2.291\text{E-}13$	$3.244 \cdot 10^{-14}$
	c	$-2.346 \cdot 10^{-14}$	$-1.387 \cdot 10^{-15}$	$9.141\text{E-}17$	$-1.589 \cdot 10^{-18}$
$\sigma > 50000 \mu\text{S/cm}$	a	$1.224 \cdot 10^{-3}$	$-3.374 \cdot 10^{-5}$	$5.166 \cdot 10^{-7}$	$-3.353 \cdot 10^{-9}$
	b	$-2.494 \cdot 10^{-9}$	$1.404 \cdot 10^{-10}$	$-3.273 \cdot 10^{-12}$	$3.405 \cdot 10^{-14}$
	c	$5.245 \cdot 10^{-14}$	$-3.613 \cdot 10^{-15}$	$1.055 \cdot 10^{-16}$	$-1.214 \cdot 10^{-18}$

Los métodos y normatividad aplicable a cada parámetro de calidad del agua se presentan en la tabla 6:

Tabla 10 Métodos de prueba para determinación de parámetros del agua

Parámetro	Norma	Título
Oxígeno disuelto	NMX-AA-012-SCFI-2001	Análisis de agua - determinación de oxígeno disuelto en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - método de prueba
Temperatura	NMX-AA-007-SCFI-2000	Análisis de agua - determinación de la temperatura en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - método de prueba
pH	NMX-AA-008-SCFI-2016	análisis de agua.- medición del Ph en aguas naturales, residuales y residuales tratadas.- método de prueba
Conductividad eléctrica	NMX-AA-093-SCFI-2000	Análisis de agua - determinación de la conductividad electrolítica - método de prueba
Salinidad	PROY-NMX-AA-121-SCFI-2005	Aguas naturales epicontinentales, costeras y marinas - muestreo
DBO	NMX-AA-028-SCFI-2001	Análisis de agua - determinación de la demanda bioquímica de oxígeno en aguas naturales, residuales (dbo5) y residuales tratadas - método de prueba
SST	NMX-AA-034-SCFI-2015	Análisis de agua - medición de sólidos y sales disueltas en aguas naturales, residuales y residuales tratadas – método de prueba
Coliformes fecales	NMX-AA-042-SCFI-2015	Análisis de agua - enumeración de organismos coliformes totales, organismos coliformes fecales (termotolerantes) y <i>escherichia coli</i> – método del número más probable en tubos múltiples
Dureza	NMX-AA-072-SCFI-2001	Análisis de agua - determinación de dureza total en aguas

		naturales, residuales y residuales tratadas - método de prueba
Enterococos	NMX-AA-167-SCFI-2017	Análisis de agua - enumeración de organismos patógenos: enterococos fecales en aguas naturales, residuales, residuales tratadas, salinas y costeras— método de prueba.
<i>Escherichia coli</i>	CCAYAC-M-004	Estimación de la densidad microbiana por la técnica del número más probable (NMP), detección de coliformes totales, coliformes fecales y <i>Escherichia coli</i> por NMP.

3. Metodología

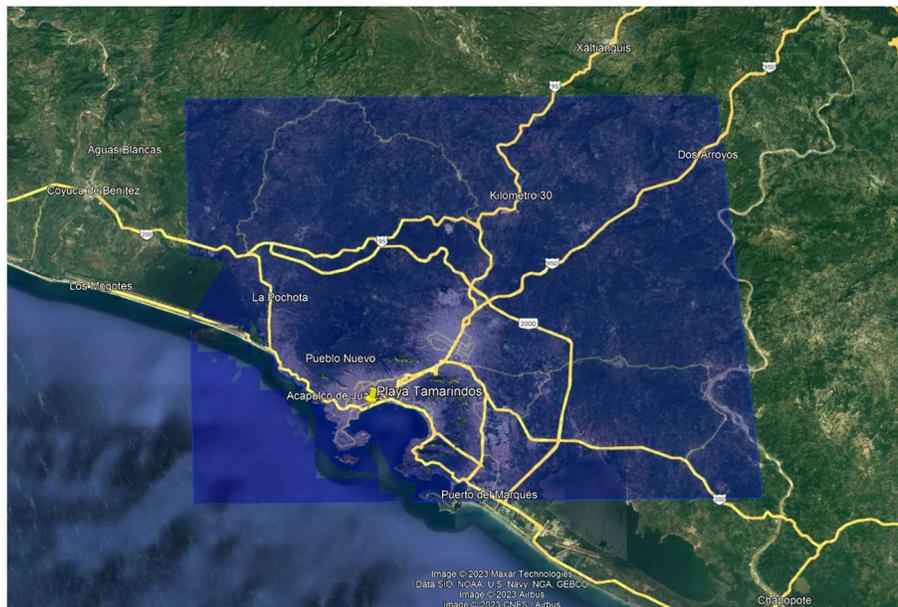
3.1 Localización del área de estudio

Se realiza por medio de imágenes satelitales utilizando la herramienta de cómputo Google Earth, misma que proporciona las coordenadas de la playa en latitud y longitud y una imagen gráfica de la zona de interés que incluye calles y avenidas principales que facilitan su ubicación.

3.2 Delimitación de las microcuencas de aportación.

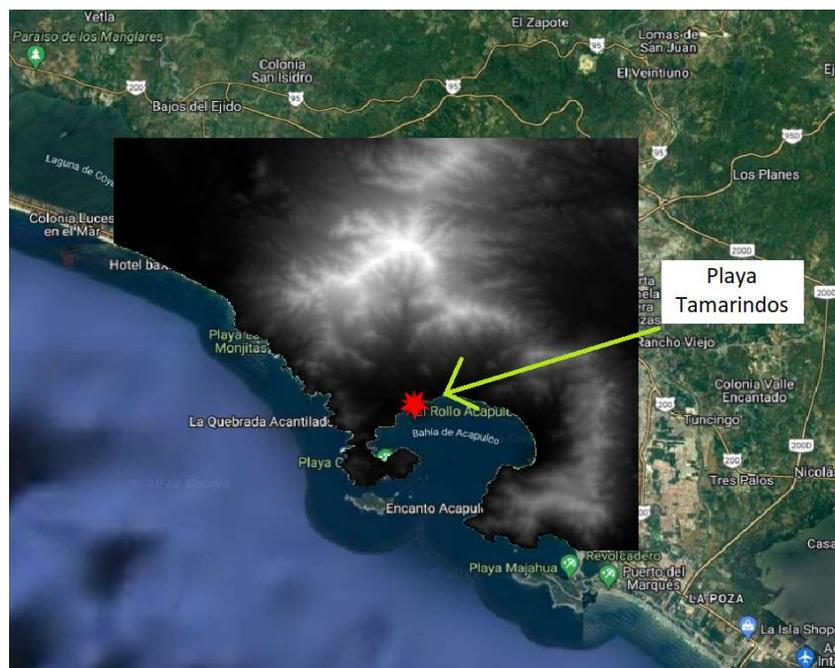
Por medio de Google Earth se define un polígono que contiene a la playa Tamarindos y a la microcuenca a la que pertenece. A la vez se define un punto de partida.

Figura 7 Delimitación de polígono Google Earth. Elaboración propia



Se obtiene información de elevaciones del territorio continental mexicano a cada 15 metros del Continuo de Elevaciones Mexicano (CEM 3.0) y se importa al programa QGIS 3.26.3.

Figura 8 Archivo del CEM importado a QGIS 3.26.3. Elaboración propia



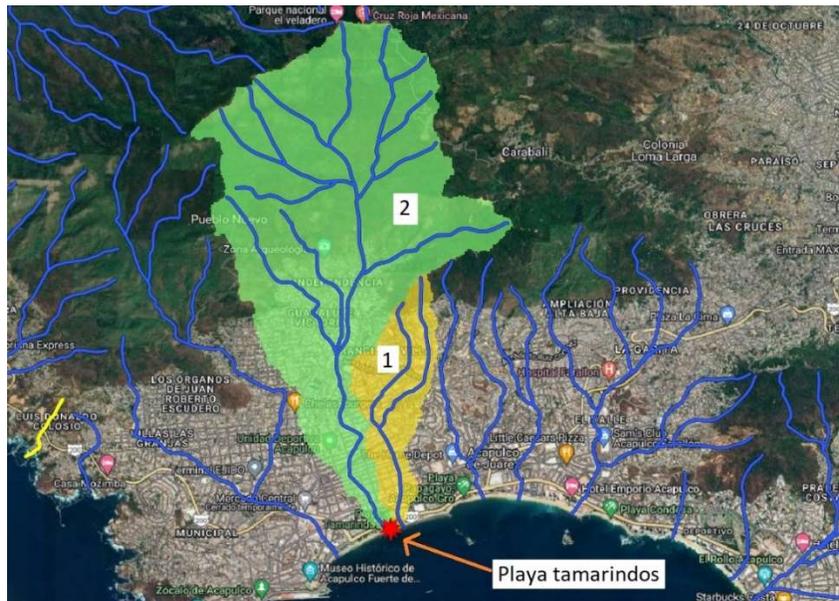
Se obtiene la dirección de drenaje con el comando `r.watershed` en QGIS 3.26.3

Figura 9 Dirección de drenaje QGIS 3.26.3. Elaboración propia



Se determinan las microcuencas de aporte a la playa tamarindos con el comando `r.water.outlet` en QGIS 3.26.3

Figura 10 Microcuencas de aportación QGIS 3.26.3. Elaboración propia



3.3 Muestreos

La elección de los puntos de muestreo se realizará con base en características físicas, geográficas e hidrológicas, densidad de actividad turística, etc. Mediante el análisis previo de la cuenca. No siendo menor a tres puntos en los extremos y centro de la playa (Dimas et al. 2016).

3.3.1 Clima y condiciones generales de la playa

3.3.1.1 Temperatura del aire

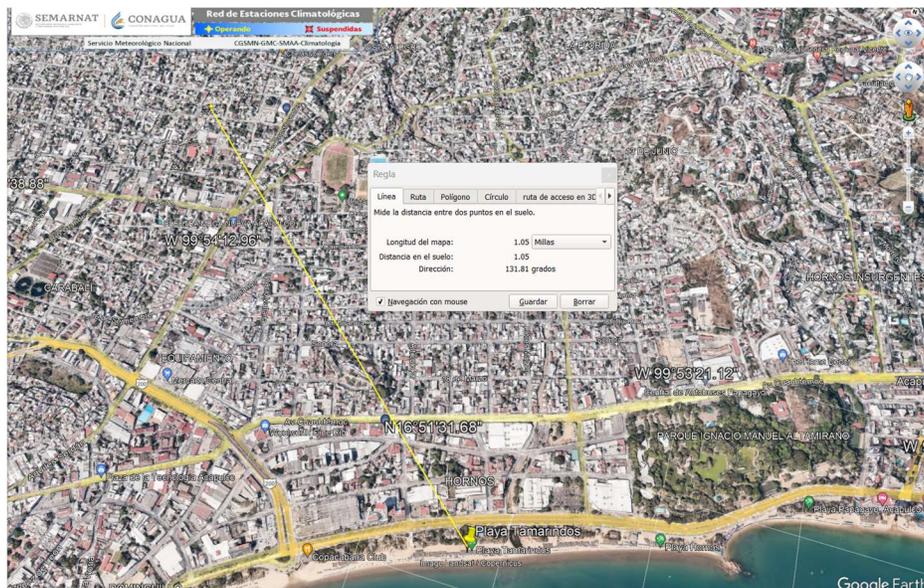
La medición de temperatura se realizó con un termómetro de líquido en vidrio a 1.5 metros sobre alguna superficie cubierta de hierba, a la sombra, con el fin de evitar que la luz solar caliente el líquido del termómetro y altere la medición (USEPA, 2021).

Es un parámetro que tiene influencia junto con otras condiciones en la concentración de microorganismos en el cuerpo de agua (USEPA, 2021).

3.3.1.2 Velocidad y dirección del viento.

Con base en el Manual de la USEPA se consideran valores aceptables aquellos obtenidos de estaciones meteorológicas que se encuentren a una distancia de radio no mayor a 5 millas de la playa. Para esta investigación se considera la estación 12142 "Acapulco de Juárez" ubicada a una distancia de 1.05 millas de la playa Tamarindos.

Figura 11 Localización de estación meteorológica de referencia. Google Earth



3.3.1.3 Precipitación

A través de eventos de lluvia, contaminantes naturales y artificiales son arrastrados a las playas tras la descarga del agua en estas.

Se registra la altura de precipitación más cercana a éstas al momento del muestreo, especificando el tiempo que ha transcurrido desde la última lluvia (24, 48, 72 horas y más). Al utilizar información de una estación climatológica, se registra la distancia al punto de muestreo (USEPA, 2021).

3.3.1.4 Condiciones del cielo.

Se realiza una evaluación visual del cielo que consiste en describir su condición de cobertura de nubes opacas (no transparentes) utilizando un método de octantes y considerando la tabla número 7 obtenida a través de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) se ubica en los siguientes rangos: (USEPA, 2021).

Tabla 11 Condiciones del cielo. Fuente NOAA

Condición del cielo	Cobertura
Claro / soleado	0 / 8
Mayormente despejado / mayormente soleado	1/8 – 2/8
Parcialmente nublado / parcialmente soleado	3/8 – 4/8
Mayormente nublado / Nubosidad considerable	5/8 – 7/8
Nublado	8/8

3.3.1.5 Altura e intensidad de las olas.

Las olas tienen influencia en el tamaño y forma de la playa, el arrastre de sedimentos y de desechos marinos entre la zona de altamar y ésta (USEPA, 2021). Por lo que se realizó una medición de lo siguiente:

- Altura. Corresponde a la distancia vertical entre la cresta de ola y el valle de ésta. Su medición se lleva a cabo con una vara graduada y consiste en tomar

mediciones donde rompen las olas, registrando donde se cortan la cresta y la próxima ola. Se realiza una diferencia y se obtiene el parámetro. Se debe tener al menos dos observadores que registren mediciones de manera independiente, mismos que recolectarán la medida de cinco olas separadas y se tomará como válido el promedio de éstas. Se deberá clasificar la intensidad del oleaje en tranquila, normal o agitada (USEPA, 2021).

3.3.1.6 Velocidad y dirección de la corriente costera.

Fuera del agua se midió y dibujó una línea en la arena de 10 metros de largo y paralela al cuerpo de agua, una persona se ubicó a cada extremo de ella y se designó a alguien que se hizo cargo del cronómetro. Se lanza una pelota que flote por detrás de la línea de rompientes a una distancia aproximada de dos metros aguas arriba, cuando la pelota cruce el primer punto comienza a correr el cronómetro y cuando la persona en el punto final de la línea vea cruzarla se detiene y registra el tiempo. Se recomienda realizar la prueba en dos o tres ocasiones y promediar los resultados.

La dirección de la corriente se mide al mismo tiempo que la prueba anterior, registrando la dirección que toma una tableta de tinta en el agua. El norte se considera a 0° , sur a 90° , este a 45° y oeste a 135° .

3.3.2 Calidad del agua

3.3.2.1 Muestras para el análisis bacteriológico

Para la determinación de enterococos fecales el método de muestreo y análisis se realiza con base en la NMX-AA-167-SCFI-2017 Análisis de agua-enumeración de organismos patógenos: enterococos fecales en aguas naturales, residuales, residuales tratadas, salinas y costeras-método de prueba. Misma que establece que la recolección se realiza en frascos o bolsas estériles con un volumen mínimo de 250 mL y sin presencia de tiosulfato de sodio; en una zona donde la profundidad sea de por lo menos 1 metro y a una altura de 30 cm por debajo de la superficie del agua y a contracorriente del flujo entrante. En dos horarios distintos, siendo el primer de ellos a las 17:30 horas y el segundo a las 9:00 horas los días 29 y 30 de septiembre de 2023 respectivamente.

Su traslado al laboratorio de análisis manteniendo una temperatura de $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ con ayuda de una hielera. No se debe exceder las 48 horas desde la recolección de la última muestra y su análisis.

Las muestras fueron recolectadas y transportadas de acuerdo con las indicaciones anteriores y enviadas al laboratorio Ingeniería en los Sistemas de Tratamientos de Aguas, S.A. de C.V, quien es el encargado de realizar el análisis de presencia de enterococos fecales en las muestras, con base en la NOM-210-SSA1-2014. Métodos de prueba microbiológicos. Determinación de microorganismos indicadores. Determinación de microorganismos patógenos.

3.3.2.2 Temperatura del agua, pH, conductividad del agua y oxígeno disuelto (OD)

La medición de dichos parámetros se realiza por medio de una sonda multiparamétrica *in situ* a través de sensores espaciales integrados en el equipo.

Recolectando muestras de agua a una altura de 30 cm por debajo del agua en una zona cuya altura de esta sea de por lo menos 1 metro y realizando la medición de parámetros de manera inmediata. Los datos se registran en una bitácora.

3.3.2.3 Color

Consiste en una evaluación visual del color del agua en el lugar del muestreo, incluyéndolo en la siguiente clasificación:

- Transparente
- Azul
- Verde
- Café
- Rojo
- Otro

3.3.2.4 Olor

El olor que emana un cuerpo de agua puede indicar la presencia de algunos contaminantes específicos, consiste en la percepción propia del encargado del muestreo el clasificarlo de acuerdo con la siguiente lista:

- Ninguno
- Alga
- Séptica
- Azufre
- Otro

3.3.2.5 Potencial de reducción de oxidación

Proceso de ganar electrones y tienen por resultado la reducción de carga de alguna unidad atómica de la especie. Consiste en la medición de la intensidad de un cuerpo de agua para mediar reacciones de elementos como: oxígeno, nitrógeno, magnesio, hierro, azufre, carbono, etc (USEPA, 2021).

Su medición se realizará mediante una sonda multiparamétrica *in situ*.

3.3.2.6 Sólidos disueltos totales (SDT)

Corresponde a todos aquellos componentes orgánicos e inorgánicos disueltos en una muestra de agua y que permanece después de evaporar y secar una muestra que previamente fue filtrada a través de un filtro de fibra de vidrio con un tamaño de poro de 1.5 μm en un horno a $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (SCFI, 2016).

3.3.2.7 Salinidad

Se realiza la conversión correspondiente con base en información de la USEPA, que ofrece un modelo que relaciona ambos parámetros: la conductividad eléctrica registrada al momento del muestreo y la salinidad.

3.3.2.8 Sólidos Suspendidos totales (SST)

Corresponden a la fracción de sólidos sedimentables que quedan retenidos en un filtro de fibra de vidrio con un tamaño de poro de 1.5 μm en un horno a $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (SCFI, 2016).

La NMX-AA-034-SCFI-2015 establece que para efectuar las pruebas de laboratorio, se tiene un lapso de hasta 7 días a partir del muestreo, siempre que las muestras hayan sido preservadas a $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

3.3.2.9 Espectrofotometría

Se analizan parámetros de interés como Cloro total, Nitratos, Nitritos, Sulfatos y Fosfatos de las muestras recolectadas, haciendo uso del espectrofotómetro, equipo de laboratorio que proyecta un haz de luz sobre la muestra a analizar, registrando los niveles de absorbancia y transmitancia, lo que permite conocer la concentración de algún contaminante en específico en función de la longitud de onda.

El equipo corresponde al modelo DR/2000 Direct reading spectrophotometer de la marca HACH y los respectivos reactivos para la medición de cada parámetro.

Figura 12 Espectrofotómetro HACH DR/200



3.3.2.10 Coliformes fecales

El proceso de muestreo se realiza con base en la NMX-AA-042-SCFI-2015 mediante el uso de un frasco estéril y a una distancia de 30 cm por debajo de la superficie del agua en cada punto de muestreo, cuidando el tapar el frasco cuando aún se encuentre dentro del agua.

Su cuantificación se realiza mediante el método de filtración por membrana, haciendo pasar 100 ml de la muestra a través de un filtro por medio de una bomba de vacío. Posteriormente someter a éste a interactuar con un medio de cultivo m-ColiBlue24® Broth durante 24 horas en una incubadora a 37 °C para finalmente realizar el conteo de las colonias de acuerdo con la tabla 12.

Tabla 12 Clasificación de coliformes por color en el conteo

Rojo	Bacterias coliformes
Azul	E. coli

3.3.2.11 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

Se recolectaron muestras simples de 1 litro en envases de polietileno en cada punto previamente establecido a una altura de 30 cm por debajo del agua en una zona con una altura mínima de 1 metro.

Su traslado se realizó en refrigeración y su determinación se realizó el mismo día, procurando no exceder las 24 horas posteriores al muestreo que establece la NMX-AA-028-SCFI-2001.

3.3.3 Carga de bañistas

Es de suma importancia considerar un aumento en la concentración de contaminantes como enterococos o E.coli debido a la recreación de bañistas en el cuerpo de agua, siendo más considerable cuando se tiene una mala circulación del agua.

La medición se realiza de forma visual, considerando de forma independiente a las personas de acuerdo con la actividad que se encuentren realizando:

- Nadando
- Vadeando (Caminar por la orilla)
- Bronceándose
- Surfeando
- Surf a remo
- Paravelismo (actividad donde las personas son sujetas a un paracaídas y remolcadas por una embarcación).
- Snorkel
- Pescando
- Paseo en barco
- Otro

3.3.4 Fuentes potenciales de contaminación

3.3.4.1 Fuentes de contaminantes

Se realiza una inspección visual de aquellas fuentes de contaminación al cuerpo de agua a una distancia de 150 metros del límite de agua, se enlistan algunas:

- Ríos
- Estuarios
- Desagües

- Descargas pluviales
- Estanques
- Escorrentía
- Otro

Previamente al muestreo ya se conocen aquellas descargas de agua determinadas mediante el análisis de la cuenca, por lo que en campo se hizo coincidir dicha información.

3.3.4.2 Flotantes presentes

Se realiza una exploración física de la zona de estudio y un conteo visual de aquellos residuos presentes en el cuerpo de agua flotando, se enlistan a continuación algunos ejemplos:

- Basura callejera
- Productos médicos
- Materiales de la construcción
- Residuos sólidos urbanos
- Residuos relacionados con comida
- Condones, preservativos, tampones
- Residuos relacionados a la pesca

3.3.4.3 Animales domésticos presentes

Se realiza un conteo visual de todos aquellos animales domésticos presentes en la zona de estudio, tales como:

- Gansos
- Aves playeras
- Palomas
- Perros
- Gatos
- Roedores
- Gaviotas
- Patos
- Tortugas
- Caballos
- Otros

3.3.4.3 Desechos en la playa

Durante la exploración física del sitio se contabiliza de manera visual la cantidad y tipo de desechos en la línea de costa paralela al cuerpo de agua.

3.4 Índice de calidad del agua

Con base en tres estudios previos, investigadores de La Fundación de Sanidad Nacional de EE.UU (NSF) se dieron a la tarea de promediar cada una de las curvas de cada contaminante para obtener una única curva promedio. Con base en ellas se calcula el índice de calidad de agua NSF con el valor obtenido en cada gráfico y asignándole la ponderación correspondiente, de acuerdo con la tabla 13.

Tabla 13 Ponderación de parámetros del ICA

Parámetro	Factor de importancia
Oxígeno disuelto	0.17
Coliformes fecales	0.15
pH	0.12
DBO5	0.10
Nitratos	0.10
Fosfatos	0.10
Desviación de temperatura	0.10
Turbiedad	0.08
Sólidos totales	0.08

El índice de calidad del agua se obtendrá a partir de la siguiente fórmula

$$WQI = \sum_{i=1}^n SI_i W_i$$

Donde:

- **WQI** Índice de calidad del agua.
- **SI** Subíndice del parámetro i.
- **Wi** Factor de ponderación para el subíndice i.

Si no es posible determinar algún parámetro de la muestra, su correspondiente factor de importancia será distribuido y sumado al factor de cada uno de los parámetros restantes.

Una vez obtenido el valor numérico resultante de la fórmula anterior se compara con la tabla para asignar un ICA.

Tabla 14 Rango de valores del Índice de Calidad del Agua

Excelente	91-100
Buena	71-90
Media	51-70
Mala	26-50
Muy mala	0-26

4.2 Delimitación de las microcuencas de aportación

Microcuenca 1

Las propiedades de la microcuenca 1 se muestran en la tabla 16.

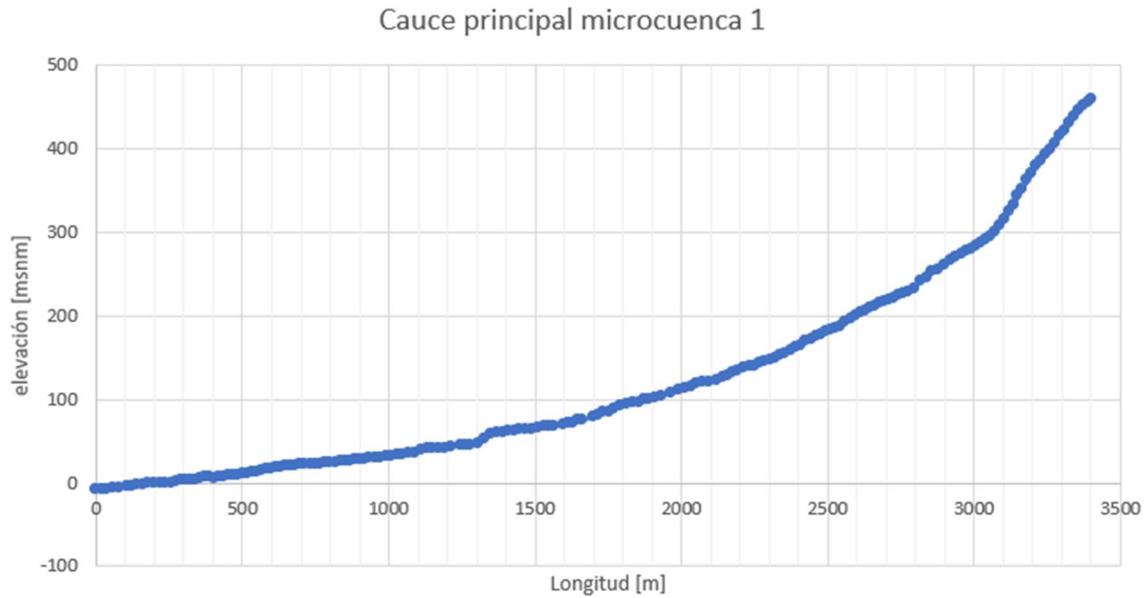
Tabla 16 Propiedades de la microcuenca 1.

Propiedad	Valor	Unidad
Área	170.54	Hectáreas
Longitud del parteaguas	7930	Metros
Longitud cauce principal	3406	Metros
Orden de la microcuenca	2	

Figura 14 Parteaguas y cauce principal de la microcuenca 1



Figura 15 Cauce principal de la microcuena 1



Microcuena 2.

Las propiedades de la microcuena 2 se muestran en la tabla 17.

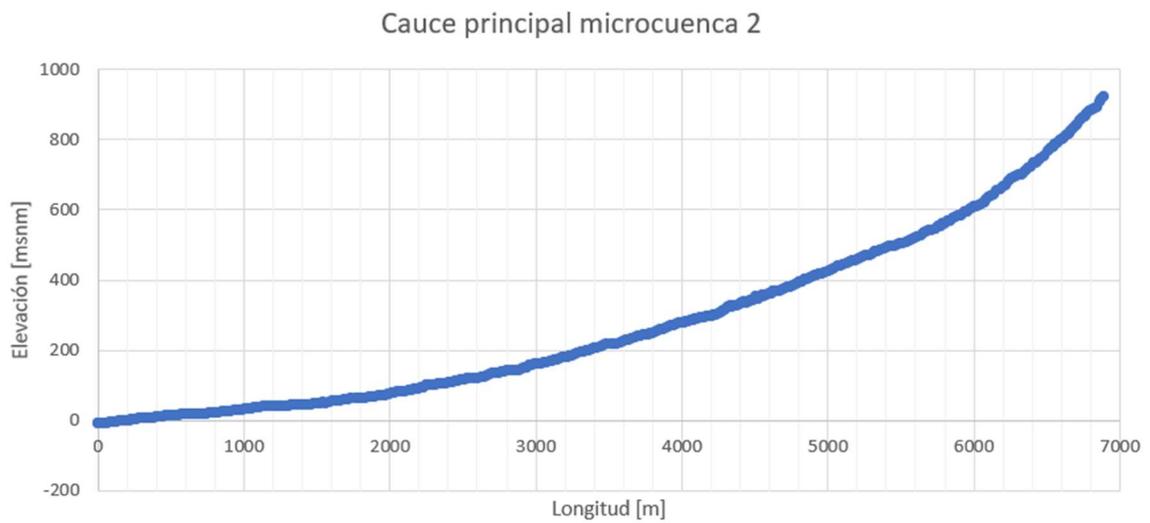
Tabla 17 Propiedades de la microcuena 2.

Propiedad	Valor	Unidad
Área	1053.35	Hectáreas
Longitud del parteaguas	19655	Metros
Longitud cauce principal	6897	Metros
Orden de la microcuena	3	

Figura 16 Parteaguas y cauce principal de la microcuenca 2



Figura 17 Cauce principal de la microcuenca 2



4.3 Muestreo

Los puntos de muestreo se localizaron estratégicamente a lo largo de la playa Tamarindos, tomando como criterio principal su cercanía con descargas residuales y pluviales. La figura muestra la ubicación de dichos puntos.

Se llevaron a cabo dos campañas de muestreo, la primera el 29 de septiembre de 2023 a las 17:30 horas, y la segunda el 30 de septiembre de 2023 a las 9:00 horas. En la tabla 18 se indica la ubicación de los puntos de muestreo.

Figura 18 Localización de puntos de muestreo en imagen satelital. Google Earth

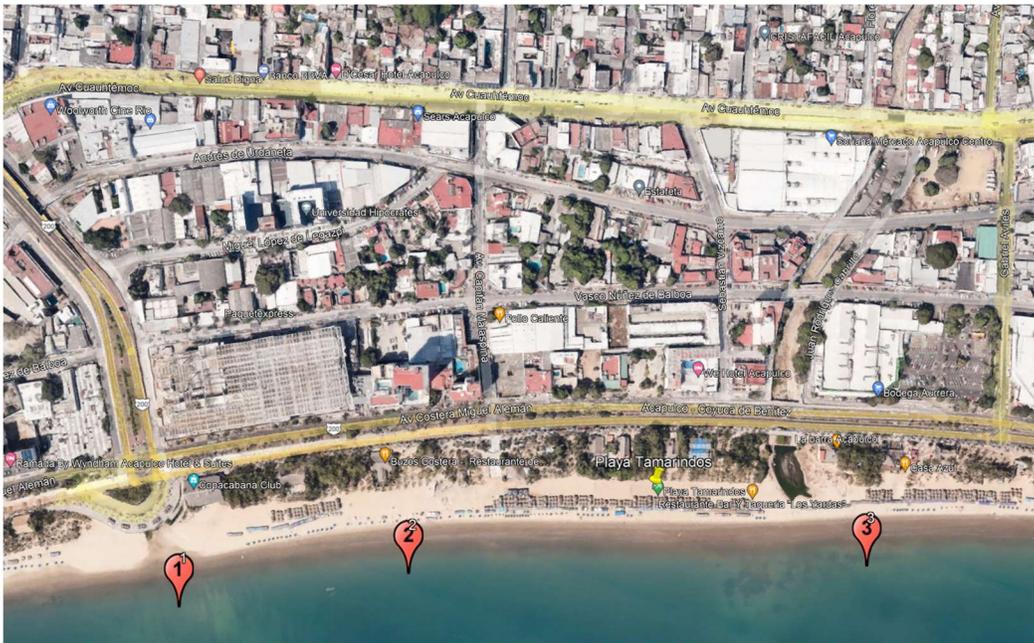


Tabla 18 Coordenadas de puntos de muestreo

Punto	Coordenada Este [m]	Coordenada Norte [m]
P1	404381.00	1863651.00
P2	404574.00	1863755.00
P3	404998.00	1863913.00

4.3.1 Clima y condiciones generales de la playa

4.3.1.1 Temperatura del aire.

Tabla 19 Temperatura del aire

Muestreo	Temperatura [°C]
17:30 horas	34.5
9:00 horas	31

4.3.1.2 Velocidad y dirección del viento.

Tabla 20 Velocidad y dirección del viento

Muestreo	Velocidad [km/h]	Tipo	Dirección del viento
17:30 horas	13.3	Terrestre	SE
9:00 horas	19	Terrestre	SE

4.3.1.3 Precipitación.

Tabla 21 Precipitación

Muestreo	Ultima precipitación [hrs]	Tipo de lluvia	Altura de precipitación [cm]
17:30 horas	0-24	Moderada	1.13
9:00 horas	24-48	Moderada	0.63

4.3.1.4 Condiciones del cielo.

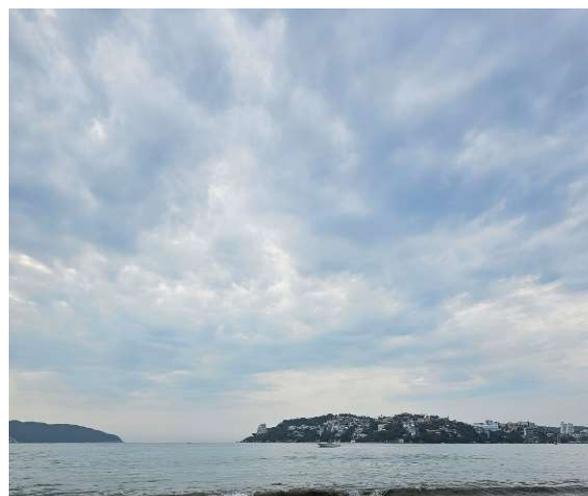
Tabla 22 Condiciones del cielo

Muestreo	Condición del cielo
17:30 horas	Claro / soleado
9:00 horas	Mayormente nublado / Nubosidad considerable

Figura 19 Condiciones del cielo muestreo 17:30 horas



Figura 20 Condiciones del cielo muestreo 9:00 horas



4.3.1.5 Altura e intensidad de las olas.

Tabla 23 Altura e intensidad de las olas muestreo 17:30 horas

Muestreo 17:30 horas		
Intensidad de olas	Altura de ola [cm]	Promedio [cm]
Elevada	52/54/80/63/90/100	73.17

Tabla 24 Altura e intensidad de las olas muestreo 9:00 horas

Muestreo 9:00 horas		
Intensidad de olas	Altura de ola [cm]	Promedio [cm]
Calma	31/35/43/33/41	36.6

4.3.1.6 Velocidad y dirección de la corriente costera.

Tabla 25 Velocidad y dirección de la corriente costera muestreo 17:30 horas

Muestreo 17:30 horas			
Dirección: Este			
Distancia de referencia [m]	Tiempo [s]	Promedio [s]	Velocidad [m/s]
3	14/17/10/17	14.5	0.21

Tabla 26 Velocidad y dirección de la corriente costera muestreo 9:00 horas

Muestreo 9:00 horas			
Dirección: Este			
Distancia de referencia [m]	Tiempo [s]	Promedio [s]	Velocidad [m/s]
3	30/31/28/24	28.25	0.11

4.3.2 Calidad del agua

4.3.2.1 Muestras para análisis bacteriológico

Se presentan los resultados proporcionados por el laboratorio “Ingeniería en los Sistemas de Tratamientos de Aguas, S.A. de C.V.” conforme al informe No. 18960-AB presentado el 07 de octubre de 2023.

Tabla 27 Resultados de laboratorio enterococos fecales

Análisis microbiológico “Enterococos fecales”				
Punto	Muestreo	Valor obtenido [NMP/100 mL]	Límite permisible [NMP/100 mL]	Método de prueba
1	17:30 horas	22	200	NOM-210-SSA1-2014
2	17:30 horas	33	200	NOM-210-SSA1-2014
3	17:30 horas	4	200	NOM-210-SSA1-2014
1	9:00 horas	6.8	200	NOM-210-SSA1-2014
2	9:00 horas	4	200	NOM-210-SSA1-2014
3	9:00 horas	4.5	200	NOM-210-SSA1-2014

4.3.2.2 Temperatura del agua, pH, conductividad del agua y oxígeno disuelto (OD)

Tabla 28 Parámetros físico - químicos del agua

Punto	Muestreo	Temperatura [°C]	pH [upH]	Conductividad eléctrica [mS]	Oxígeno disuelto [mg/L]
1	17:30 horas	31.7	8.56	34.9	1.75
2	17:30 horas	31.5	8.55	47.3	2.37
3	17:30 horas	31.8	8.53	46.8	2.34
1	9:00 horas	30.3	8.48	48.3	2.43
2	9:00 horas	30.3	8.53	48.3	2.41
3	9:00 horas	30.4	8.52	48.2	2.42

4.3.2.3 Color

Tabla 29 Color de la muestra

Punto	Muestreo	Color del agua
1	17:30 horas	Claro
2	17:30 horas	Claro
3	17:30 horas	Claro
1	9:00 horas	Claro
2	9:00 horas	Claro
3	9:00 horas	Claro

4.3.2.4 Olor

Tabla 30 Olor de la muestra

Punto	Muestreo	Olor de la muestra
1	17:30 horas	Ninguno
2	17:30 horas	Ninguno
3	17:30 horas	Ninguno
1	9:00 horas	Ninguno
2	9:00 horas	Ninguno
3	9:00 horas	Ninguno

4.3.2.5 Potencial de reducción de oxidación

Tabla 31 Potencial de reducción de oxidación de la muestra

Punto	Muestreo	Potencial de reducción oxidación [mV]
1	17:30 horas	79.9
2	17:30 horas	78.3
3	17:30 horas	77.1
1	9:00 horas	76.7
2	9:00 horas	76.1
3	9:00 horas	75.6

4.3.2.6 Sólidos disueltos totales (SDT)

Tabla 32 Sólidos disueltos totales de la muestra

Sólidos Disueltos Totales			
Punto / Muestreo	Cápsula de porcelana W_o [g]	Volumen muestra [ml]	SDT [mg/L]
P1-900	27.1966	9	39377.78
P2-900	22.8436	10	39390.00
P3-900	39.5183	9.8	37591.84
P1-1730	42.578	9.7	39082.47
P2-1730	52.4224	9.7	37865.98
P3-1730	39.2414	9.6	39302.08

4.3.2.7 Salinidad

Muestreo 29/09/2023. 17:30 horas

Figura 21 Salinidad en función de conductividad eléctrica muestreo 17:30 horas

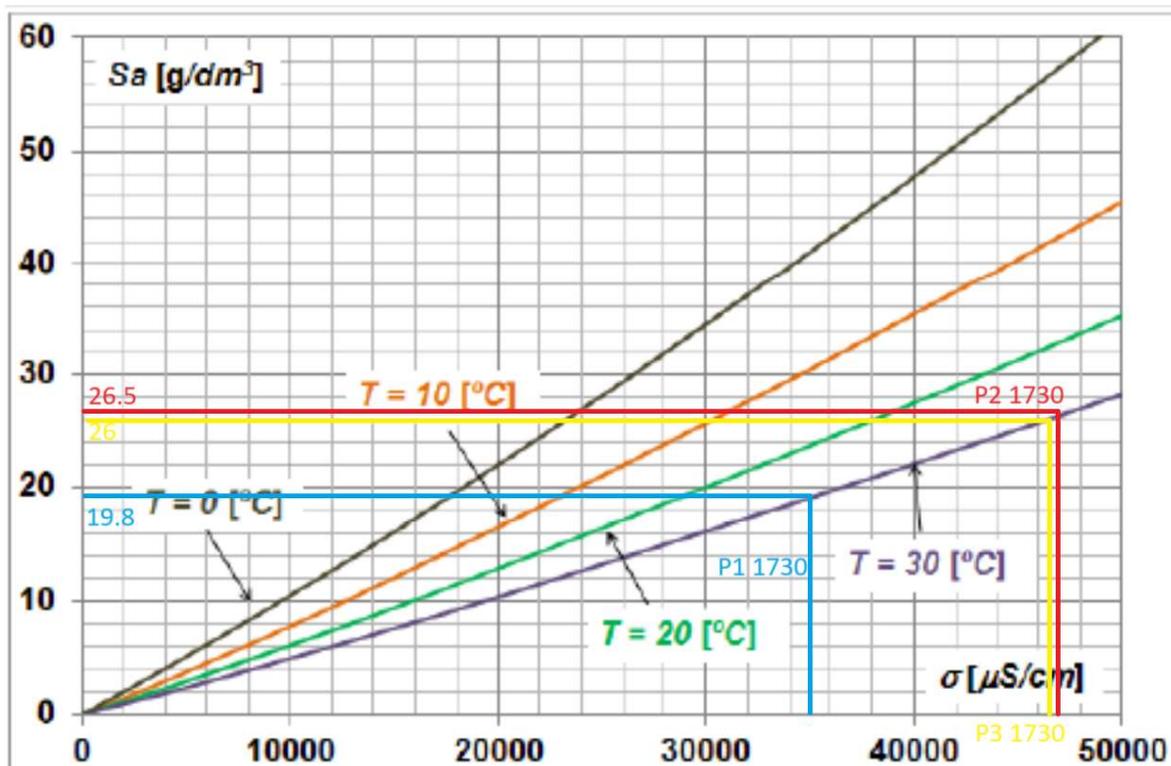


Tabla 33 Salinidad muestreo 17:30 horas

Punto	Muestreo	Conductividad	Salinidad [g/dm ³]	Salinidad [mg/L]
1	17:30 horas	34900	19.8	19800
2	17:30 horas	47300	26.5	26500
3	17:30 horas	46800	26	26000

Muestreo 30/09/2023. 9:00 horas

Figura 22 Salinidad en función de conductividad eléctrica muestreo 9:00 horas

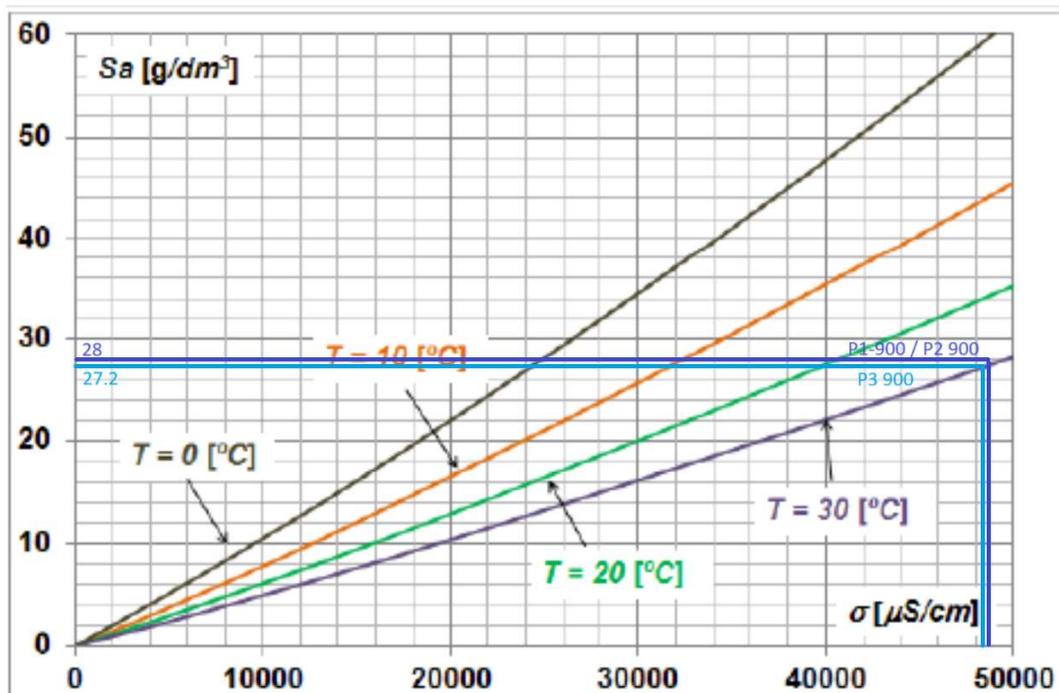


Tabla 34 Salinidad muestreo 9:00 horas

Punto	Muestreo	Conductividad	Salinidad [g/dm ³]	Salinidad [mg/L]
1	9:00 horas	48300	28	28000
2	9:00 horas	48300	28	28000
3	9:00 horas	48200	27.2	27200

Los valores obtenidos son cercanos a la concentración promedio del agua de mar (35,000 mg/L), hay que tener en cuenta que la descarga de dos fuentes de agua a la playa Tamarindos (residual y pluvial) genera dicha dilución.

4.3.2.8 Sólidos Suspendidos totales (SST)

Tabla 35 Sólidos suspendidos totales de la muestra

Sólidos Suspendidos Totales		
Punto / Muestreo	Gooch + papel filtro Wo [g]	SST [mg/L]
P1-900	23.8318	720
P2-900	20.4971	710
P3-900	16.8833	800
P1-1730	26.0293	820
P2-1730	23.6556	810
P3-1730	18.8778	790

4.3.2.9 Espectrofotometría

Las concentraciones medidas con el equipo de espectrofotometría se presentan en las tablas 36, 37, 38, 39 y 40.

Tabla 36 Cloro total de la muestra

Cloro total DPD Total Chlorine Reagent M00110F10			
Muestreo	Dilución [%]	Lectura [mg/L]	Concentración [mg/L]
P1-900	3	0.12	4
P2-900	3	0.14	4.67
P3-900	3	0.14	4.67
P1-1730	3	0.18	6
P2-1730	3	0.15	5
P3-1730	3	0.08	2.67

Tabla 37 Nitratos de la muestra

Nitratos NitraVer® 5			
Muestreo	Dilución [%]	Lectura [mg/L]	Concentración [mg/L]
P1-900	3	1.0	33.33
P2-900	3	1.0	33.33
P3-900	3	0.7	23.33
P1-1730	3	1.1	36.67
P2-1730	3	0.7	23.33
P3-1730	3	1.5	50

Tabla 38 Nitritos de la muestra

Nitritos NitriVer® 3			
Muestreo	Dilución [%]	Lectura [mg/L]	Concentración [mg/L]
P1-900	3	0.007	.233
P2-900	3	0.009	0.3
P3-900	3	0.008	0.267
P1-1730	3	0.026	0.867
P2-1730	3	0.009	0.3
P3-1730	3	0.009	0.3

Tabla 39 Sulfatos de la muestra

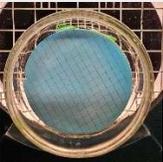
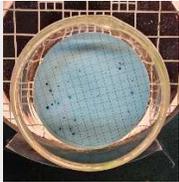
Sulfatos SulfaVer® 4			
Muestreo	Dilución [%]	Lectura [mg/L]	Concentración [mg/L]
P1-900	1	8	800
P2-900	1	21	2100
P3-900	1	16	1600
P1-1730	1	10	1000
P2-1730	1	23	2300
P3-1730	1	23	2300

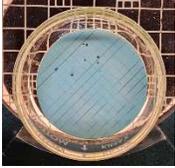
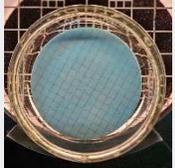
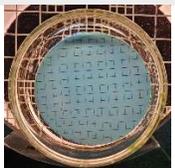
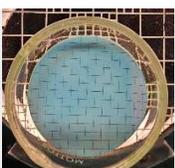
Tabla 40 Fosfatos de la muestra

Fosfatos PhosVer® 3			
Muestreo	Dilución [%]	Lectura [mg/L]	Concentración [mg/L]
P1-900	3	0.07	2.33
P2-900	3	0.16	5.33
P3-900	3	0.02	0.67
P1-1730	3	0.19	6.33
P2-1730	3	0.03	1
P3-1730	3	0.03	1

4.3.2.10 Coliformes fecales

Tabla 41 Coliformes fecales de la muestra

Colonias						
Muestreo	Rojo	Azul - violeta	Factor de dilución [%]	Coliformes NMP/100ml	Coliformes fecales NMP/100ml	Fotografía
P1-900	0	0	30	0	0	
P2-900	7	16	30	23.3	53.3	

P3-900	4	4	10	40	40	
P1-1730	1	0	10	10	0	
P2-1730	3	4	10	30	40	
P3-1730	4	7	10	40	23.3	

4.3.2.11 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

Tabla 42 Demanda bioquímica de oxígeno

Muestreo	Inicial		Final		DBO (mg/L)
	ml tiosulfato	OD (mg/L)	ml tiosulfato	OD (mg/L)	
P1-900	7.6	15.4002	6.8	13.77913	162.1
P2-900	7.3	14.7923	6.8	13.77913	101.3
P3-900	7.6	15.4002	7	14.1844	121.6
P1-1730	7.9	16.00811	7.4	14.99493	101.3
P2-1730	7.5	15.19757	6.9	13.98176	121.6
P3-1730	7.6	15.4002	6.7	13.57649	182.4
					131.7

4.3.3 Carga de bañistas

Tabla 43 Carga de bañistas muestreo 17:30 horas

Muestreo 29/09/2023. 17:30 horas.	
Actividad	Número de personas
Nadando	53
Vadeando	32
Palapas	265
Total de personas en la playa	350

Tabla 44 Carga de bañistas muestreo 9:00 horas

Muestreo 30/09/2023. 9:00 horas.	
Actividad	Número de personas
Nadando	14
Vadeando	132
Bronceándose	1
Otro: Torneo de Voleibol	350
Total de personas en la playa	497

4.3.4 Fuentes potenciales de contaminación

4.3.4.1 Fuentes de contaminantes

Tras realizar una exploración física del sitio se ubica la desembocadura de un río y de un desagüe; mismos que aportan caudal a la playa tamarindos cuando la marea sube.

Figura 23 Descarga de agua residual en playa Tamarindos



Figura 24 Descarga de agua proveniente de un río en playa Tamarindos



4.3.4.2 Flotantes presentes

Se tiene registro de la presencia de un pez muerto en la aportación del río, el cual se muestra en la figura 25.

Figura 25 Animal muerto en la orilla de playa Tamarindos



Por otro lado se tiene la presencia de cubrebocas y residuos de ostiones en la playa, mismos que son consumidos como alimento por el turista.

3.3.4.3 Animales domésticos presentes

En la tabla 44 se nombran y enumeran el número de animales domésticos observados en la campaña de muestreo.

Tabla 45 Animales domésticos en playa Tamarindos muestreo 17:30 horas

Animales domésticos	
Muestreo 29/09/2023. 17:30 horas	
Tipo	Número
Paloma bravia	166
Perro	1
Gato	1
Gaviota	1
Gallina	1
Columbina inca	17
Gallo	1
Chamón común	42
Pato	1
Pollo	10

Tabla 46 Animales domésticos en playa Tamarindos muestreo 9:00 horas

Animales domésticos	
Muestreo 30/09/2023. 9:00 horas	
Tipo	Número
Paloma bravia	62
Perro	3
Gato	3
Gaviota	2
Gallina	1
Columbina inca	8
Pelícano	4
Chamón común	17

4.4 Índice de calidad del agua

A partir de los parámetros del agua que el índice de calidad contempla se introducen a los gráficos propios del método para su análisis.

Figura 26 Curva coliformes fecales ICA

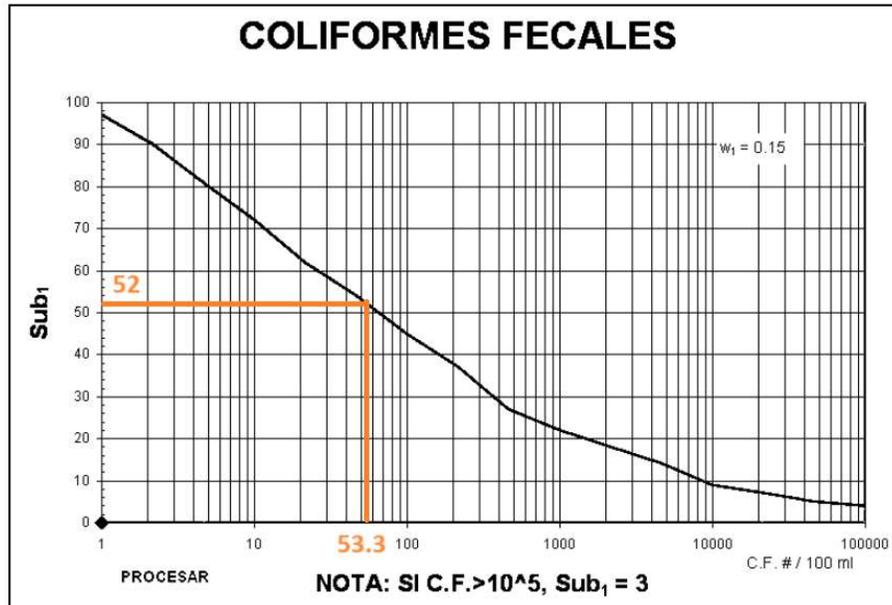


Figura 27 Curva pH ICA

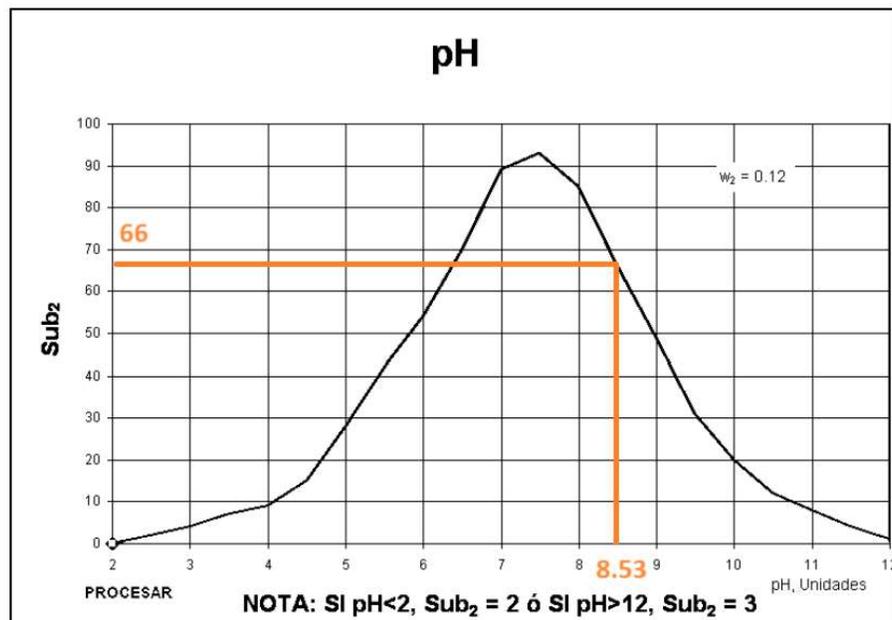
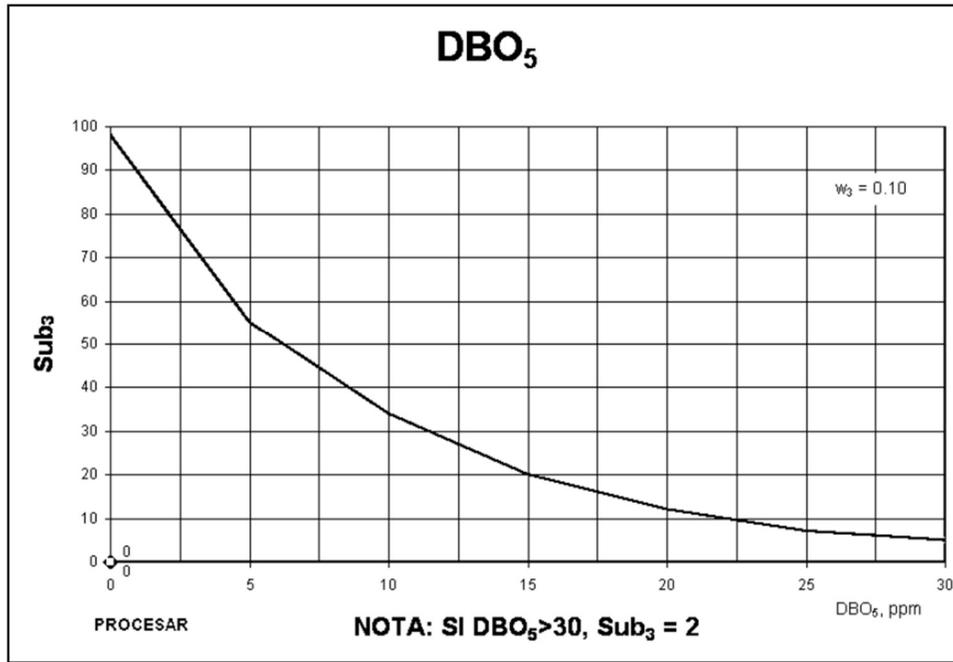


Figura 28 Curva DBO5 ICA



Si la DBO es mayor a 30 mg/L el sub3 se considera con un valor de 2.

Figura 29 Curva nitratos ICA

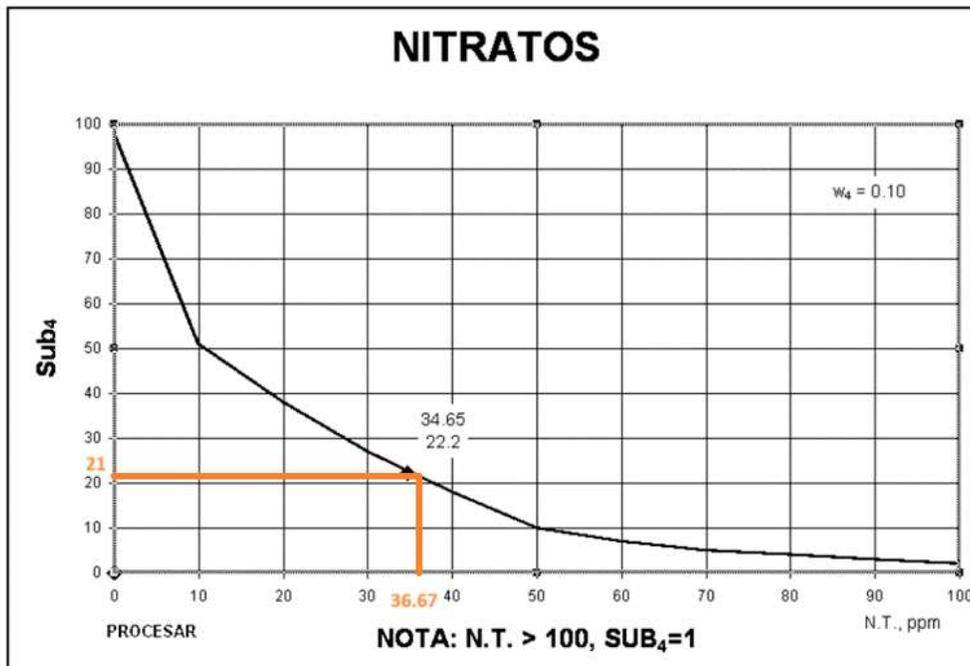


Figura 30 Curva fosfatos ICA

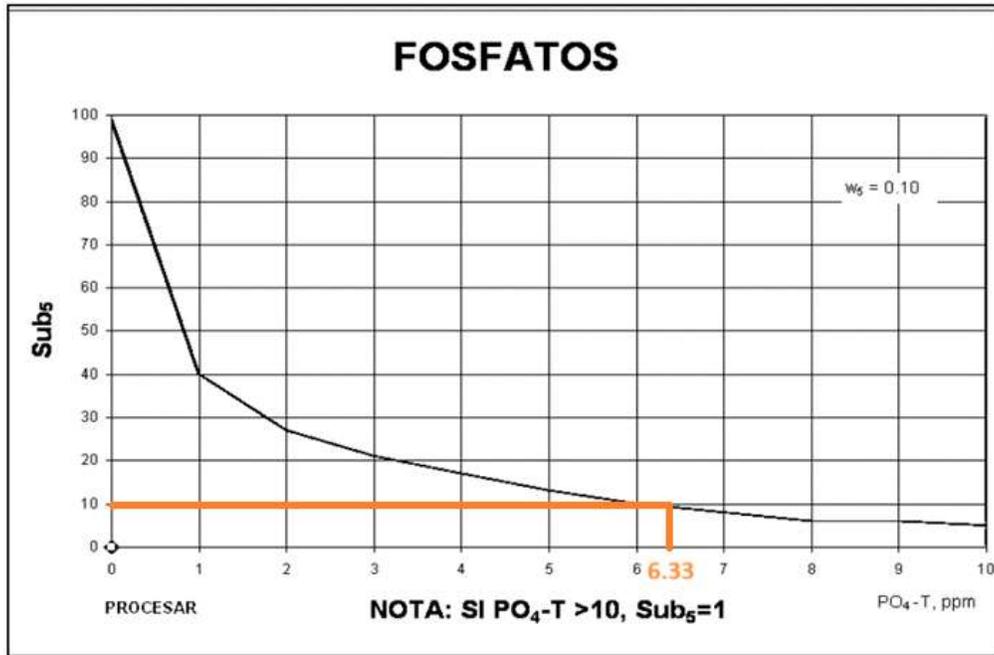
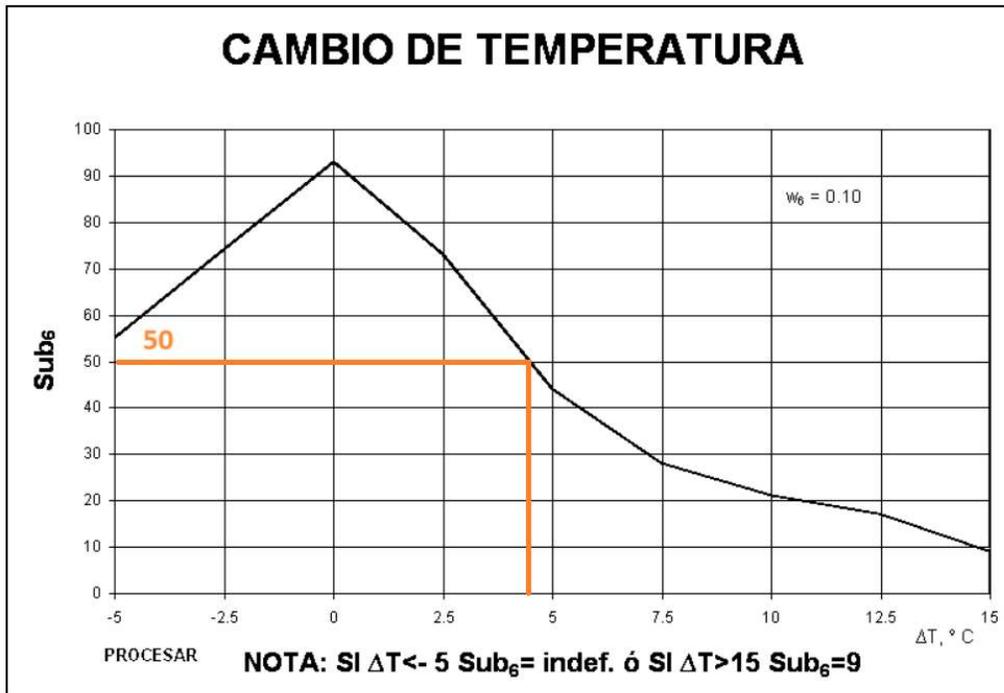
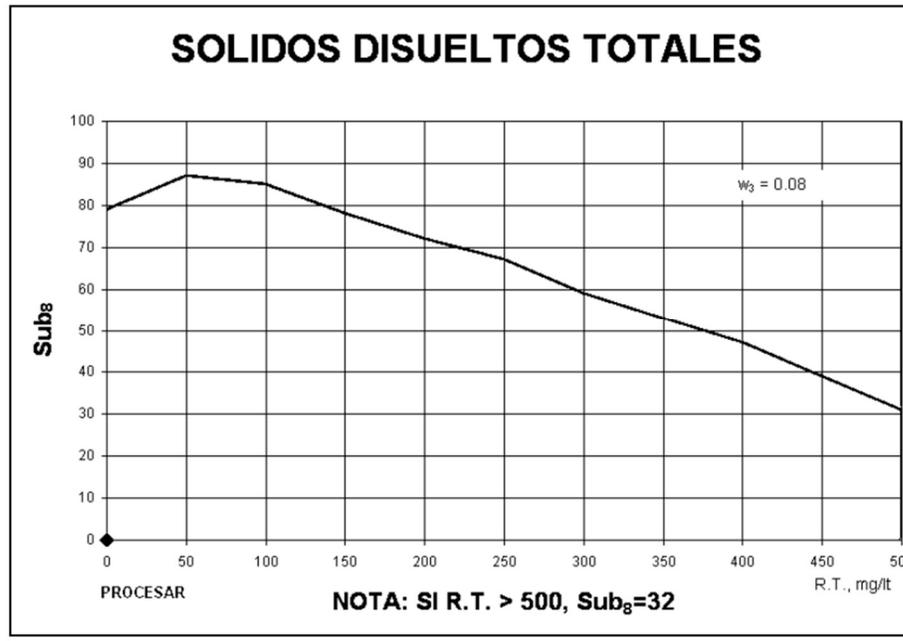


Figura 31 Curva cambio de temperatura ICA



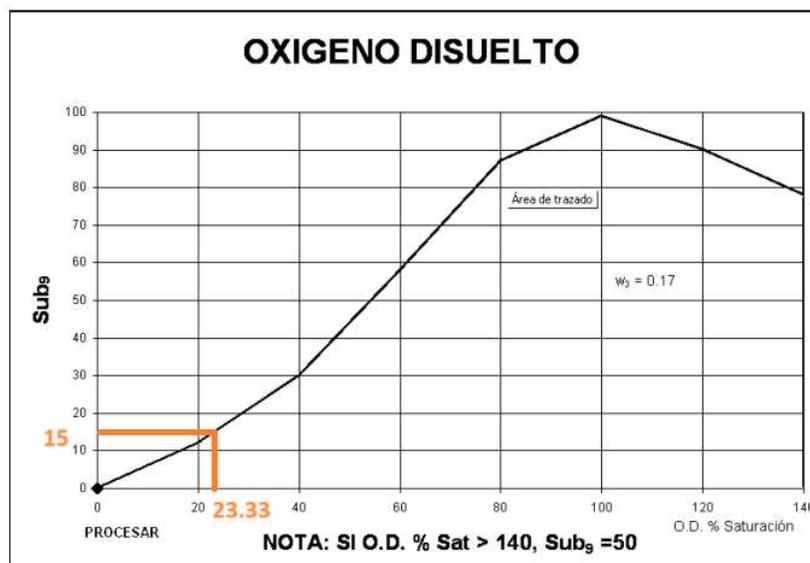
Para la determinación del cambio de temperatura se calcula la diferencia máxima entre la temperatura ambiente y la temperatura de la muestra, siendo de 4.2.

Figura 32 Curva sólidos disueltos totales ICA



Si la concentración de sólidos disueltos totales excede los 500 mg/L, el sub8 se considera con el valor de “32”.

Figura 33 Oxígeno disuelto ICA



En la tabla 46 se presentan los parámetros considerados en el ICA con su respectivo peso ponderado.

Tabla 47 Cálculo del ICA

Parámetro	Wi	Subíndice	x*Wi
Coliformes fecales	0.16	52	8.32
pH	0.13	66	8.58
DBO5	0.11	2	0.22
Nitratos	0.11	21	2.31
Fosfatos	0.11	10	1.1
Temperatura	0.11	50	5.5
SDT	0.09	32	2.88
Oxígeno disuelto	0.18	15	2.7
Σ	1		31.61

Tabla 48 Resultado del ICA

Excelente	91-100
Buena	71-90
Media	51-70
Mala	26-50
Muy mala	0-26

Tras evaluar el resultado obtenido del índice de calidad del agua se obtiene que la playa Tamarindos posee una **mala** calidad.

5. Conclusiones

Se calculó el área de aportación y las microcuencas hidrográficas que desembocan en la zona de estudio, obteniendo variables hidrológicas de interés. El sistema de información geográfica nos proporcionó el parteaguas de dos microcuencas que colectan el agua de forma natural y artificial con dirección a la playa Tamarindos.

Se realizó un estudio de calidad del agua a través de una campaña de muestreo en el mes de septiembre de 2023. A partir de ella se obtuvieron las propiedades físicas, químicas y organolépticas que demanda el Índice de Calidad del Agua (ICA) seleccionado, mismo que tras ser evaluado dio como resultado que la playa Tamarindos tenía una **mala** calidad del agua en el momento del muestreo, que corresponde a un valor en el intervalo de 26-50 en el ICA. Con este valor se concluye que la playa Tamarindos **no es apta** para recreación.

Complementando el ICA y tomando una serie de datos adicionales se aplicó la encuesta sanitaria de rutina marina, propuesta por la Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. (EPA) por sus siglas en inglés, la cual establece que la calidad de una playa no solo es determinada por las concentraciones de contaminantes presentes en el agua, la calidad depende además de factores externos, como las actividades recreativas, animales domésticos y endémicos presentes, contaminación antropogénica, datos meteorológicos, entre otros.

De acuerdo con los datos recopilados en la campaña de muestreo de septiembre de 2024 se concluye que la playa Tamarindos **no es apta** para recreación. Considerando que para esta evaluación no existe un valor numérico que la justifique, se basa en la percepción del evaluador.

Por otra parte, se considera el mismo criterio que el programa “Playas Limpias”, para lo cual se enviaron muestras de agua al laboratorio “Ingeniería en los Sistemas de Tratamientos de Aguas, S.A. de C.V.”, se concluye que la playa Tamarindos es **apta** para uso recreativo, al presentar una concentración máxima de enterococos fecales de 33 NMP/100 ml, de acuerdo con el informe No. 18960-AB del citado

laboratorio. Sin embargo el histórico de datos muestra que a lo largo del año la máxima concentración de enterococos fecales en la playa Tamarindos se presenta en época de verano, cuando la afluencia de turistas es considerablemente mayor, así como la aportación de aguas residuales.

Playa Tamarindos, Guerrero.

Septiembre de 2024

Índice de Calidad del Agua Fundación de Sanidad Nacional de EE. UU. (NSF)	No apta
Encuesta sanitaria de rutina marina <i>USEPA</i>	No apta
Programa "Playas Limpias" 04-07 julio de 2024	No apta
Pruebas de laboratorio particular Enterococos fecales	Apta

Con ello se concluye que es necesario realizar un estudio integral de las posibles fuentes de contaminación de la playa que permita identificar el potencial de cada una y su repercusión en la salud humana y en el ecosistema. Con esto se logrará tener un antecedente y un histórico de datos que permitirá tomar decisiones oportunas en beneficio del ambiente, por otro lado se favorece al desarrollo de modelos predictivos de fenómenos de interés que permitirán a las instancias interesadas tomar acciones preventivas o en su caso, correctivas.

6. Recomendaciones

Implementar una evaluación sanitaria de playas integral, que periódicamente evalúe las condiciones de los principales destinos turísticos del país, lo que permitirá reducir las afectaciones a la salud humana cuando se tenga contacto directo con el agua. Preservando el turismo actual y futuro en beneficio de los habitantes que dependen económicamente de él.

Promover la instalación de alcantarillado sanitario en zonas que en la actualidad vierten sus aguas negras en cuerpos de agua naturales, con el propósito de dar tratamiento a dichas aguas y descargarlas con las concentraciones de contaminantes que la normatividad establece (NOM-001-SEMARNAT-2021).

La evolución de los contaminantes presentes en el agua puede ser analizada de forma más detallada aumentando los puntos de muestreo, horarios y las diferentes épocas del año. Se recomienda repetir la campaña de muestreo en temporada de estiaje, lo que permitirá conocer las posibles causas de la presencia o ausencia de contaminantes.

La caracterización de una muestra de agua es más enriquecida en función de la cantidad de parámetros conocidos, por lo que se recomienda analizar más propiedades de las muestras, que permita incluirlas en un índice de calidad del agua con mayor detalle.

Referencias

- Arroyo García, Oscar David. (2017). "Evaluación de la calidad del agua para uso recreativo de la playa tamarindos ubicada en Acapulco, Guerrero". (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Autónoma de México, México. Recuperado de <https://repositorio.unam.mx/contenidos/84276>
- Caho-Rodríguez, Carlos Andrés, & López-Barrera, Ellie Anne. (2017). Determinación del Índice de Calidad de Agua para el sector occidental del humedal Torca-Guaymaral empleando las metodologías UWQI y CWQI. *Producción + Limpia*, 12(2), 35-49. <https://doi.org/10.22507/pml.v12n2a3>
- COFEPRIS. Comisión Federal para la protección contra riesgos sanitarios. 2015. Manual operativo vigilancia de agua de contacto primario en playas y cuerpos de agua dulce. Publicado en línea <https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/gob-mx/playas/pdf/lineamientos.pdf>
- CONAGUA. (2019). Estadísticas del agua en México. https://files.conagua.gob.mx/conagua/publicaciones/Publicaciones/EAM_2019.pdf
- de Armas Tápanes, J., Rodríguez Romero, R., Zayas Suárez, D., Fernández Vila, L. J., & López García, D. (2010). Parametrización oceanográfica en índices de calidad del agua.
- del C Cortés-Lara, M. (2003). Importancia de los coliformes fecales como indicadores de contaminación en la Franja Litoral de Bahía de Banderas, Jalisco-Nayarit. *Revista Biomédica*, 14(2), 121-123.
- Díaz Pérez, Marilyn, Rodríguez Martínez, Claudio, & Zhurbenko, Raisa. (2010). Aspectos fundamentales sobre el género *Enterococcus* como patógeno de elevada importancia en la actualidad. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 48(2), 147-161. Recuperado en 18 de julio de 2023, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032010000200006&lng=es&tlng=es.
- Dimas Mojarro, Juan José; Ortiz Guzmán, Delfino Daniel y Ortega Ramírez, Guadalupe Olivia (2016): "CONTAMINANTES EN EL AGUA DE LA PLAYA MANZANILLO DE ACAPULCO, GUERRERO Y LA OPINIÓN DE LOS TURISTAS". In: *El desarrollo regional frente al cambio ambiental global y la transición hacia la sustentabilidad*. Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional, A. C., México. ISBN AMECIDER: 978-607-96649-2-3 UNAM: 978-607-02-8564-6
- Enríquez, G. (2003). Criterios para evaluarla aptitud recreativa de las playas en México: una propuesta metodológica. *Gaceta Ecológica*, (68), 55-68. [fecha

de Consulta 6 de Julio de 2023]. ISSN: 1405-2849. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53906806>

- García, R. D. (2018). Instrumentos que revolucionaron la química: la historia del espectrofotómetro.
- Lecca, E. R., & Lizama, E. C. R. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Industrial data*, 17(1), 71-80.
- Martínez, Á., Crespo-Barrera, P. M., Becerril-Bravo, J. E., & Navarro-Frómata, A. E. (2023). Pollutants of emerging concern in tourist beaches of Guerrero, Mexico: A first approach to sources. *Marine Pollution Bulletin*, 192, 114989.
- Morcelle del Valle, P., & Deorsola, M. F. P. (2015). Desarrollo de un modelo matemático que relaciona la salinidad con la conductividad eléctrica para diferentes temperaturas. In *III Jornadas de Investigación, Transferencia y Extensión de la Facultad de Ingeniería*.
- NMX-AA-034-SCFI-2015. Análisis de agua - medición de sólidos y sales disueltas en aguas naturales, residuales y residuales tratadas – método de prueba, declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 11 de febrero de 2016.
- NMX-AA-167-SCFI-2017. Análisis de agua-enumeración de organismos patógenos: enterococos fecales en aguas naturales, residuales, residuales tratadas, salinas y costeras-método de prueba, declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 08 de junio de 2017.
- Ott, W. R. (1978). *Environmental indices: theory and practice*.
- Padilla y Sotelo, Lilia Susana. (2000). La población en la región costera de México en la segunda mitad del siglo XX. *Investigaciones geográficas*, (41), 81-95. Recuperado en 07 de julio de 2023, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112000000100006&lng=es&tlng=es.
- POSADA, ENRIQUE, MOJICA, DANIEL, PINO, NATALIA, BUSTAMANTE, CARLOS, & MONZÓN PINEDA, ANDRÉS. (2013). ESTABLECIMIENTO DE ÍNDICES DE CALIDAD AMBIENTAL DE RÍOS CON BASES EN EL COMPORTAMIENTO DEL OXÍGENO DISUELTO Y DE LA TEMPERATURA. APLICACIÓN AL CASO DEL RÍO MEDELLÍN, EN EL VALLE DE ABURRÁ EN COLOMBIA. *DYNA*, 80(181), 192-200. Retrieved July 25, 2023, from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532013000500021&lng=en&tlng=es.

- PROGRAMA Sectorial de Turismo 2013-2018, Secretaría de Turismo, Estados Unidos Mexicanos, DOF 13/12/2013, [Citado el 6 de julio de 2023], disponible en internet: https://www.sectur.gob.mx/PDF/0216/Programa_Sectorial_Turismo_2013_2018.pdf
- SECTUR. (2021). Compendio Estadístico del Turismo en México. Disponible en internet: <https://www.datatur.sectur.gob.mx/SitePages/CompendioEstadistico.aspx>
- Sigler, A., & Bauder, J. (2017). Alcalinidad, pH, y sólidos disueltos totales. Obtenido de Well Educated Educación en el Agua de Pozo: [http://region8water.colostate.edu/PDFs/we_espanol/Alkalinity_pH_TDS, 20, 2012-11](http://region8water.colostate.edu/PDFs/we_espanol/Alkalinity_pH_TDS,20,2012-11).
- Solís-Castro, Yuliana, Zúñiga-Zúñiga, Luis Alberto, & Mora-Alvarado, Darner. (2018). La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica. Revista Tecnología en Marcha, 31(1), 35-46. <https://dx.doi.org/10.18845/tm.v31i1.3495>
- USEPA. 2021. User Manual: Sanitary Surveys for Marine Waters with Recreational Uses. United States Environmental Protection Agency.
- Williams, A.T. y R. Morgan 1995. Beach Awards and Rating Systems. Shore and Beach 63(4): 29-33. The American Shore & Beach Preservation Association, E.U.A.



INGENIERÍA EN LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTOS DE AGUAS, S.A. DE C.V.

Página 1 de 6

Acapulco, Gro., 07 de octubre del 2023

Atención: Sr. Juan Carlos García Caballero
Dirección Fiscal: Islas Berrí No. 21, Col. La Martinica, Delegación Álvaro Obregón, C.P.01619. Ciudad de México.

Informe No. 18960-AB **Edición 1: Original**
Responsable del muestreo: El Cliente
Recepción de la(s) muestra(s): Ing. Bryan Evencio Guzman Lopez
Plan de muestreo: No Aplica
Fecha de muestreo: **Fecha de ingreso:** **Periodo de análisis:**
2023-09-30 2023-09-30 2023-09-30 a 2023-10-04

INFORME DE RESULTADOS ANALÍTICOS

Muestra No. 1 **Clave: 6577-23**

Descargo de responsabilidad: La muestra la recolectó el cliente y la entregó al laboratorio con los siguientes datos:

Descripción de la muestra: Agua de mar tomada de playa Tamarindos, Punto 1 A

Se recibe 1 frasco con capacidad de 1 L

Fecha y hora de recolección: 2023-09-30 / 09:00 horas

Condiciones ambientales durante la recepción de la muestra: 30.4 °C / 68 % HR

Fecha y hora de recepción de la muestra: 2023-09-30 / 12:00 horas

Temperatura de recepción: 19.0 °C

Se reciben aproximadamente 1 L de la muestra.

Nota: Los resultados aplican a la muestra tal y como se recibió

Abreviaturas empleadas:
NMP = Número más probable
mL = Mililitros
mg/L = Miligramos por litro
HR = Humedad relativa
°C = Grados Celsius

Análisis Microbiológicos	Valor obtenido	Límites permisibles	Unidades	Método de prueba
Enterococos ³	6.8	200	NMP/100 mL	NOM-210-SSA1-2014 Apéndice D Normativo

³ Parámetros autorizados por COFEPRIS No. TA-23-30 vigencia a partir del 13 de marzo del 2020 al 13 de marzo del 2022. (En trámite de renovación. Referencia 213300705X0065 ingresado con fecha de 17 de diciembre del 2021).

Atentamente


Ing. Marilyn Jacqueline Cruz Rizo
Analista de Microbiología 2


Ing. Ana Lilia Mazón Agüero
Coordinador Técnico del Laboratorio

- Los resultados expresados en este informe solo amparan a las muestras analizadas
 - El uso que se le dé al informe es responsabilidad de quien contrata el servicio y no del laboratorio ISTA, S.A. de C.V.
 - Se prohíbe la reproducción parcial del informe de resultados analíticos; el uso del informe con fines comerciales o de publicidad deben ser previamente autorizados por escrito por ISTA, SA DE CV.
- FLAB-069-03



INGENIERÍA EN LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTOS DE AGUAS, S.A. DE C.V.

Página 2 de 6

Acapulco, Gro., 07 de octubre del 2023

Atención: Sr. Juan Carlos García Caballero
Dirección Fiscal: Islas Berri No. 21, Col. La Martinica, Delegación Álvaro Obregón, C.P.01619. Ciudad de México.

Informe No. 18960-AB **Edición 1: Original**
Responsable del muestreo: El Cliente
Recepción de la(s) muestra(s): Ing. Bryan Evencio Guzman Lopez
Plan de muestreo: No Aplica
Fecha de muestreo: **Fecha de ingreso:** **Periodo de análisis:**
2023-09-30 2023-09-30 2023-09-30 a 2023-10-04

INFORME DE RESULTADOS ANALÍTICOS

Muestra No. 2 **Clave: 6578-23**

Descargo de responsabilidad: La muestra la recolectó el cliente y la entregó al laboratorio con los siguientes datos:

Descripción de la muestra: Agua de mar tomada de playa Tamarindos, Punto 2 A

Se recibe 1 frasco con capacidad de 1 L

Fecha y hora de recolección: 2023-09-30 / 09:00 horas

Condiciones ambientales durante la recepción de la muestra: 30.4 °C / 68 % HR

Fecha y hora de recepción de la muestra: 2023-09-30 / 12:02 horas

Temperatura de recepción: 19.0 °C

Se reciben aproximadamente 1 L de la muestra.

Nota: Los resultados aplican a la muestra tal y como se recibió

Abreviaturas empleadas:
NMP = Número más probable
mL = Mililitros
mg/L = Miligramos por litro
HR = Humedad relativa
°C = Grados Celsius

Análisis Microbiológicos	Valor obtenido	Límites permisibles	Unidades	Método de prueba
Enterococos ³	4	200	NMP/100 mL	NOM-210-SSA1-2014 Apéndice D Normativo

³ Parámetros autorizados por COFEPRIS No. TA-23-30 vigencia a partir del 13 de marzo del 2020 al 13 de marzo del 2022. (En trámite de renovación. Referencia 213300705X0065 ingresado con fecha de 17 de diciembre del 2021).

Atentamente


Ing. Marilyn Jacqueline Cruz Rizo
Analista de Microbiología 2


Ing. Ana Lilia Mazón Agüero
Coordinador Técnico del Laboratorio

- Los resultados expresados en este informe solo amparan a las muestras analizadas
 - El uso que se le dé al informe es responsabilidad de quien contrata el servicio y no del laboratorio ISTA, S.A. de C.V.
 - Se prohíbe la reproducción parcial del informe de resultados analíticos; el uso del informe con fines comerciales o de publicidad deben ser previamente autorizados por escrito por ISTA, S.A. DE CV.
- FLAB-069-03



INGENIERÍA EN LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTOS DE AGUAS, S.A. DE C.V.

Página 3 de 6

Acapulco, Gro., 07 de octubre del 2023

Atención: Sr. Juan Carlos García Caballero
Dirección Fiscal: Islas Berri No. 21, Col. La Martinica,
Delegación Álvaro Obregón, C.P.01619. Ciudad de México.

Informe No. 18960-AB Edición 1: Original
Responsable del muestreo: El Cliente
Recepción de la(s) muestra(s): Ing. Bryan Evencio Guzman Lopez
Plan de muestreo: No Aplica
Fecha de muestreo: 2023-09-30 Fecha de ingreso: 2023-09-30 Periodo de análisis: 2023-09-30 a 2023-10-04

INFORME DE RESULTADOS ANALÍTICOS

Muestra No. 3 Clave: 6579-23

Descargo de responsabilidad: La muestra la recolectó el cliente y la entregó al laboratorio con los siguientes datos:

Descripción de la muestra: Agua de mar tomada de playa Tamarindos, Punto 3 A

Se recibe 1 frasco con capacidad de 1 L

Fecha y hora de recolección: 2023-09-30 / 09:00 horas

Condiciones ambientales durante la recepción de la muestra: 30.4 °C / 68 % HR

Fecha y hora de recepción de la muestra: 2023-09-30 / 12:04 horas

Temperatura de recepción: 19.0 °C

Se reciben aproximadamente 1 L de la muestra.

Nota: Los resultados aplican a la muestra tal y como se recibió

Abreviaturas empleadas:
NMP = Número más probable
mL = Mililitros
mg/L = Miligramos por litro
HR = Humedad relativa
°C = Grados Celsius

Análisis Microbiológicos	Valor obtenido	Límites permisibles	Unidades	Método de prueba
Enterococos ³	4.5	200	NMP/100 mL	NOM-210-SSA1-2014 Apéndice D Normativo

³ Parámetros autorizados por COFEPRIS No. TA-23-30 vigencia a partir del 13 de marzo del 2020 al 13 de marzo del 2022. (En trámite de renovación. Referencia 213300705X0065 ingresado con fecha de 17 de diciembre del 2021).

Atentamente

Ing. Marilyn Jacqueline Cruz Rizo
Analista de Microbiología 2

Ing. Ana Lilia Mazón Agüero
Coordinador Técnico del Laboratorio

- Los resultados expresados en este informe solo amparan a las muestras analizadas
 - El uso que se le dé al informe es responsabilidad de quien contrata el servicio y no del laboratorio ISTA, S.A. de C.V.
 - Se prohíbe la reproducción parcial del informe de resultados analíticos; el uso del informe con fines comerciales o de publicidad deben ser previamente autorizados por escrito por ISTA, S.A. DE C.V.
- FLAB-069-03



INGENIERÍA EN LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTOS DE AGUAS, S.A. DE C.V.

Página 4 de 6

Acapulco, Gro., 07 de octubre del 2023

Atención: Sr. Juan Carlos García Caballero
Dirección Fiscal: Islas Berri No. 21, Col. La Martinica, Delegación Álvaro Obregón, C.P.01619. Ciudad de México.

Informe No. 18960-AB **Edición 1: Original**
Responsable del muestreo: El Cliente
Recepción de la(s) muestra(s): Ing. Bryan Evencio Guzman Lopez
Plan de muestreo: No Aplica
Fecha de muestreo: **Fecha de ingreso:** **Periodo de análisis:**
2023-09-30 2023-09-30 2023-09-30 a 2023-10-04

INFORME DE RESULTADOS ANALÍTICOS

Muestra No. 4 **Clave: 6580-23**
Descargo de responsabilidad: La muestra la recolectó el cliente y la entregó al laboratorio con los siguientes datos:
Descripción de la muestra: Agua de mar tomada de playa Tamarindos, Punto 1 B
Se recibe 1 frasco con capacidad de 1 L
Fecha y hora de recolección: 2023-09-30 / 08:30 horas
Condiciones ambientales durante la recepción de la muestra: 30.4 °C / 68 % HR
Fecha y hora de recepción de la muestra: 2023-09-30 / 12:06 horas
Temperatura de recepción: 19.0 °C
Se reciben aproximadamente 1 L de la muestra.
Nota: Los resultados aplican a la muestra tal y como se recibió

Abreviaturas empleadas:
NMP = Número más probable
mL = Mililitros
mg/L = Miligramos por litro
HR = Humedad relativa
°C = Grados Celsius

Análisis Microbiológicos	Valor obtenido	Límites permisibles	Unidades	Método de prueba
Enterococos ³	22	200	NMP/100 mL	NOM-210-SSA1-2014 Apéndice D Normativo

³ Parámetros autorizados por COFEPRIS No. TA-23-30 vigencia a partir del 13 de marzo del 2020 al 13 de marzo del 2022. (En trámite de renovación. Referencia 213300705X0065 ingresado con fecha de 17 de diciembre del 2021).

Atentamente


Ing. Marilyn Jacqueline Cruz Rizo
Analista de Microbiología 2


Ing. Ana Lilia Mazón Agüero
Coordinador Técnico del Laboratorio

- Los resultados expresados en este informe solo amparan a las muestras analizadas
 - El uso que se le dé al informe es responsabilidad de quien contrata el servicio y no del laboratorio ISTA, S.A. de C.V.
 - Se prohíbe la reproducción parcial del informe de resultados analíticos; el uso del informe con fines comerciales o de publicidad deben ser previamente autorizados por escrito por ISTA, S.A. DE CV.
- FLAB-069-03



INGENIERÍA EN LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTOS DE AGUAS, S.A. DE C.V.

Página 5 de 6

Acapulco, Gro., 07 de octubre del 2023

Atención: Sr. Juan Carlos García Caballero
Dirección Fiscal: Islas Berri No. 21, Col. La Martinica, Delegación Álvaro Obregón, C.P.01619. Ciudad de México.

Informe No. 18960-AB **Edición 1: Original**
Responsable del muestreo: El Cliente
Recepción de la(s) muestra(s): Ing. Bryan Evencio Guzman Lopez
Plan de muestreo: No Aplica
Fecha de muestreo: **Fecha de ingreso:** **Periodo de análisis:**
2023-09-30 2023-09-30 2023-09-30 a 2023-10-04

INFORME DE RESULTADOS ANALÍTICOS

Muestra No. 5 **Clave: 6581-23**

Descargo de responsabilidad: La muestra la recolectó el cliente y la entregó al laboratorio con los siguientes datos:

Descripción de la muestra: Agua de mar tomada de playa Tamarindos, Punto 2 B

Se recibe 1 frasco con capacidad de 1 L

Fecha y hora de recolección: 2023-09-30 / 08:30 horas

Condiciones ambientales durante la recepción de la muestra: 30.4 °C / 68 % HR

Fecha y hora de recepción de la muestra: 2023-09-30 / 12:08 horas

Temperatura de recepción: 19.0 °C

Se reciben aproximadamente 1 L de la muestra.

Nota: Los resultados aplican a la muestra tal y como se recibió

Abreviaturas empleadas:
NMP = Número más probable
mL = Mililitros
mg/L = Miligramos por litro
HR = Humedad relativa
°C = Grados Celsius

Análisis Microbiológicos	Valor obtenido	Límites permisibles	Unidades	Método de prueba
Enterococos ³	33	200	NMP/100 mL	NOM-210-SSA1-2014 Apéndice D Normativo

³Parámetros autorizados por COFEPRIS No. TA-23-30 vigencia a partir del 13 de marzo del 2020 al 13 de marzo del 2022. (En trámite de renovación. Referencia 213300705X0065 ingresado con fecha de 17 de diciembre del 2021).

Atentamente


Ing. Marilyn Jacqueline Cruz Rizo
Analista de Microbiología 2


Ing. Ana Lilia Mazón Agüero
Coordinador Técnico del Laboratorio

- Los resultados expresados en este informe solo amparan a las muestras analizadas
 - El uso que se le dé al informe es responsabilidad de quien contrata el servicio y no del laboratorio ISTA, S.A. de C.V.
 - Se prohíbe la reproducción parcial del informe de resultados analíticos; el uso del informe con fines comerciales o de publicidad deben ser previamente autorizados por escrito por ISTA, S.A. DE C.V.
- FLAB-069-03



INGENIERÍA EN LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTOS DE AGUAS, S.A. DE C.V.

Página 6 de 6

Acapulco, Gro., 07 de octubre del 2023

Atención: Sr. Juan Carlos García Caballero
Dirección Fiscal: Islas Berri No. 21, Col. La Martinica, Delegación Álvaro Obregón, C.P.01619. Ciudad de México.

Informe No. 18960-AB **Edición 1: Original**
Responsable del muestreo: El Cliente
Recepción de la(s) muestra(s): Ing. Bryan Evencio Guzman Lopez
Plan de muestreo: No Aplica
Fecha de muestreo: **Fecha de ingreso:** **Periodo de análisis:**
2023-09-30 2023-09-30 2023-09-30 a 2023-10-04

INFORME DE RESULTADOS ANALÍTICOS

Muestra No. 6 **Clave: 6582-23**

Descargo de responsabilidad: La muestra la recolectó el cliente y la entregó al laboratorio con los siguientes datos:

Descripción de la muestra: Agua de mar tomada de playa Tamarindos, Punto 3 B

Se recibe 1 frasco con capacidad de 1 L

Fecha y hora de recolección: 2023-09-30 / 08:30 horas

Condiciones ambientales durante la recepción de la muestra: 30.4 °C / 68 % HR

Fecha y hora de recepción de la muestra: 2023-09-30 / 12:10 horas

Temperatura de recepción: 19.0 °C

Se reciben aproximadamente 1 L de la muestra.

Nota: Los resultados aplican a la muestra tal y como se recibió

Abreviaturas empleadas:
NMP = Número más probable
mL = Mililitros
mg/L = Miligramos por litro
HR = Humedad relativa
°C = Grados Celsius

Análisis Microbiológicos	Valor obtenido	Límites permisibles	Unidades	Método de prueba
Enterococos ³	4	200	NMP/100 mL	NOM-210-SSA1-2014 Apéndice D Normativo

³ Parámetros autorizados por COFEPRIS No. TA-23-30 vigencia a partir del 13 de marzo del 2020 al 13 de marzo del 2022. (En trámite de renovación. Referencia 213300705X0065 ingresado con fecha de 17 de diciembre del 2021).

Atentamente

Ing. Marilyn Jacqueline Cruz Rizo
Analista de Microbiología 2

Ing. Ana Lilia Mazón Agüero
Coordinador Técnico del Laboratorio

- Los resultados expresados en este informe solo amparan a las muestras analizadas
 - El uso que se le dé al informe es responsabilidad de quien contrata el servicio y no del laboratorio ISTA, S.A. de C.V.
 - Se prohíbe la reproducción parcial del informe de resultados analíticos; el uso del informe con fines comerciales o de publicidad deben ser previamente autorizados por escrito por ISTA, S.A. DE CV.
- FLAB-069-03