



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

DIRECCIÓN DE POSGRADO Y EDUCACIÓN CONTINUA

**INFORME DE INVESTIGACIÓN
PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MAGÍSTER EN
GESTIÓN AMBIENTAL**

MODALIDAD:

TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA:

**CONTAMINACIÓN POR COLIFORMES FECALES DEBIDO AL
VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA PLAYA EL
MURCIÉLAGO, MANTA-MANABÍ**

AUTOR:

ING. YULIO SANTIAGO LOOR BARREZUETA

TUTOR:

ING. CARLOS BANCHÓN BAJAÑA, M. Sc.

CALCETA, FEBRERO DE 2023

DERECHOS DE AUTORÍA

YULIO SANTIAGO LOOR BARREZUETA declaro bajo juramento que el trabajo de aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, que se han respetado los derechos de autor de terceros, por lo que asumo la responsabilidad sobre el contenido del mismo, así como ante la reclamación de terceros, conforme a los artículos 4, 5 y 6 de la Ley de Propiedad Intelectual.

A través de la presente declaración, cedo los derechos de propiedad intelectual a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido en el artículo 46 de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.



ING. YULIO SANTIAGO LOOR BARREZUETA

CERTIFICACIÓN DE TUTOR

ING. CARLOS BANCHON BAJAÑA, M. Sc., certifica haber tutelado el trabajo de titulación **CONTAMINACIÓN POR COLIFORMES FECALES DEBIDO AL VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA PLAYA EL MURCIÉLAGO, MANTA-MANABÍ**, que ha sido desarrollado por **YULIO SANTIAGO LOOR BARREZUETA**, previo a la obtención del título de Magíster en Gestión Ambiental, de acuerdo al Reglamento de unidad de titulación de los programas de Posgrado de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

ING. CARLOS BANCHON BAJAÑA, M. Sc.

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaramos que hemos APROBADO el trabajo de titulación **CONTAMINACIÓN POR COLIFORMES FECALES DEBIDO AL VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA PLAYA EL MURCIÉLAGO, MANTA-MANABÍ**, que ha sido propuesto, desarrollado y sustentado por **YULIO SANTIAGO LOOR BARREZUETA**, previa la obtención del título de Magíster en Gestión Ambiental, de acuerdo al Reglamento de la unidad de titulación de los programas de Posgrado de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

Laura Gema Mendoza Cedeño, M. Sc.

MIEMBRO

José Manuel Calderón Pincay, M. Sc.

MIEMBRO

Francisco Javier Velásquez Intriago, D. Sc.

PRESIDENTE

AGRADECIMIENTO

Dame lo que me pides Señor, y pídemelo lo que quieras, *San Agustín*.

El agradecimiento eterno a Dios por ser mi fortaleza en momentos de angustia, porque junto a él, he encontrado la paz en cada una de mis actividades.

Agradecer a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí por la oportunidad de alcanzar este logro académico.

Finalmente, y no menos importante, un agradecimiento sincero a mi tutor, el Ingeniero Carlos Banchón por su dedicación y siempre buen ánimo para respaldar esta investigación.

DEDICATORIA

En el cielo nos quedaremos gratamente sorprendidos por todas las cosas que la Virgen María ha hecho por nosotros, *San Juan Bosco*.

Dios ha hecho tantas cosas nobles en mi vida, dedicarle en un par de líneas la consecución de esta meta es sin dudas un gesto de profunda fe hacia él, toda la gloria para ti mi Señor.

Pudiera redactar una lista importante de personas a quien dedicarle este tiempo de estudio, pero seré un tanto egoísta, solo quiero mencionar a mi Padre Samuel Barrezueta. A ti papá Samuel, está dedicado este triunfo, por ser la semilla que instauraste en mi desde que tengo uso de razón, por indicarme que la educación es la mejor arma que tenemos para ser libres; cuando alcanzaba una meta en el colegio me incitabas a que buscará más, y cuando ni si quiera me graduaba de mi ingeniería ya me animabas a una maestría que hoy estoy consiguiendo gracias a ti, a tu valor, a tu confianza puesta en mí, Te extraño mucho Papá, un abrazo al cielo.

Esta meta y las próximas siempre serán dedicadas a ti, a mi motor de vida.

CONTENIDO GENERAL

DERECHOS DE AUTORÍA	ii
CERTIFICACIÓN DE TUTOR	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	vi
CONTENIDO GENERAL	vii
CONTENIDO DE TABLAS	ix
CONTENIDO DE FIGURAS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	1
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2. JUSTIFICACIÓN	4
1.3. OBJETIVOS	6
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	6
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
1.4. IDEA A DEFENDER	7
CAPÍTULO II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	8
2.1. VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES AL MEDIO MARINO	8
2.2. IMPACTOS A LA SALUD HUMANA	9
2.3. IMPACTOS AL MEDIO MARINO	10
2.4. COLIFORMES TOTALES	11
2.4.1. COLIFORMES FECALES	11
2.5. OBTENCIÓN DE MUESTRAS EN EL MEDIO MARINO	12
2.6. DETERMINACIÓN DE COLIFORMES EN AGUA	13
2.7. LEGISLACIÓN AMBIENTAL RELACIONADA A LOS NIVELES DE COLIFORMES FECALES PERMISIBLES	14
2.8. INVESTIGACIONES DE COLIFORMES EN EL ÁMBITO MUNDIAL	14
2.9. INVESTIGACIONES RELACIONADAS CON LA PRESENCIA DE COLIFORMES EN EL ECUADOR	16
CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO	18

3.1. UBICACIÓN	18
3.2. DURACIÓN	18
3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS	18
3.3.1. MÉTODO ANALÍTICO BIBLIOGRÁFICO	18
3.3.2. MÉTODO HIPOTÉTICO DEDUCTIVO	19
3.3.3. MÉTODO CUANTITATIVO	20
3.3.4. TÉCNICAS ESTADÍSTICAS	20
3.4. VARIABLES EN ESTUDIO	20
3.5. PROCEDIMIENTOS	20
3.5.1. IDENTIFICACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES EN EL AGUA MARINA FRENTE A LA PLAYA EL MURCIÉLAGO	21
3.5.2. DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE COLIFORMES FECALES EN EL AGUA MARINA FRENTE A LA PLAYA EL MURCIÉLAGO	22
3.5.3. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LAS CONCENTRACIONES DE COLIFORMES FECALES EN FUNCIÓN DE LOS PARÁMETROS pH Y TEMPERATURA DEL AGUA MARINA FRENTE A LA PLAYA EL MURCIÉLAGO	24
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
4.1. IDENTIFICACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES EN EL AGUA MARINA FRENTE A LA PLAYA EL MURCIÉLAGO	26
4.2. DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE COLIFORMES FECALES EN EL AGUA MARINA FRENTE A LA PLAYA EL MURCIÉLAGO	32
4.3. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LAS CONCENTRACIONES DE COLIFORMES FECALES EN FUNCIÓN DE LOS PARÁMETROS pH Y TEMPERATURA DEL AGUA MARINA FRENTE A LA PLAYA EL MURCIÉLAGO	37
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	42
5.1. CONCLUSIONES	42
5.2. RECOMENDACIONES	43
BIBLIOGRAFÍA	44
ANEXOS	51

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 2.1. Criterio de calidad de agua para uso recreativo de contacto primario	14
Tabla 3.1. Coordenadas UTM de la ubicación del área de estudio	18
Tabla 4.1. Levantamiento de información en campo	26
Tabla 4.2. Niveles de la línea de marea en los días de muestreo	32
Tabla 4.3. Niveles de coliformes fecales de acuerdo a los puntos de monitoreo establecidos.....	34

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 4.1. Descarga proveniente de la red de tuberías de la estación de bombeo Umiña	27
Figura 4.2. Imagen captada junto a la estación de bombeo Umiña	28
Figura 4.3. Imagen tomada en horarios donde no se evidenció vertidos de aguas residuales	29
Figura 4.4. Descarga proveniente de un ducto municipal	30
Figura 4.5. Imagen aérea sin ningún tipo de vertido hacia el mar	31
Figura 4.6. Esquema representativo a los límites máximos permisibles basados en el TULSMA, Libro VI.....	33
Figura 4.7. Gráfica de barras de los resultados de coliformes fecales.	36
Figura 4.8. Gráfica de regresión lineal entre Coliformes Fecales y la Temperatura del agua marina.....	37
Figura 4.9. Gráfica de regresión lineal entre Coliformes Fecales y el pH del agua marina	38
Figura 4.10. Gráfica de la diferencia de color	39
Figura 4.11. Gráfica de regresión lineal entre Coliformes fecales y Color.....	40

RESUMEN

La cantidad de coliformes fecales en el agua marina de las playas, está asociada a riesgos para la salud de las personas que la usan para fines recreativos. El presente estudio, se enfocó en identificar los vertimientos de aguas residuales hacia el agua marina y en describir los niveles de contaminación por origen fecal. Se logró identificar 6 puntos de vertimiento de aguas residuales junto al borde costero de la playa y se consideró 5 puntos de monitoreo georeferenciados para la toma de muestras a lo largo de la playa El Murciélago de la ciudad de Manta. La campaña de muestreo fue realizada por un periodo de tiempo de alrededor de un mes, con 9 repeticiones por muestra, es decir se obtuvieron 45 muestras para su respectivo análisis. La metodología utilizada para el recuento de coliformes fecales fue a través de la fermentación de tubos múltiples (NMP). Los resultados mostraron niveles altos de coliformes fecales en las dos primeras semanas de muestreo, valores que estuvieron por encima de los niveles máximos permisibles de acuerdo a la normativa ambiental vigente del Ecuador. En los puntos de monitoreo 3-4-5 se alcanzó máximas de hasta 1600 NMP/100ml, mientras que en los puntos 1-2 se obtuvieron valores relativamente bajos de coliformes fecales, con un pico máximo de 7,8 NMP/100ml. En la tercera y última semana de monitoreo, los análisis microbiológicos demostraron que ninguna de las muestras sobrepasó los niveles máximos que exige la normativa ambiental, esto debido a los trabajos de recuperación de la playa realizados por la municipalidad, que consistieron en eliminar los vertimientos de aguas residuales en el borde costero.

PALABRAS CLAVE

Coliformes fecales, vertimiento de aguas residuales, playa El Murciélago, agua marina.

ABSTRACT

The amount of fecal coliforms in seawater from beaches is associated with health risks for people who use it for recreational purposes. The present study focused on identifying wastewater discharges into seawater and describing the levels of contamination by fecal origin. It was possible to identify 6 wastewater dumping points along the coastal edge of the beach and 5 georeferenced monitoring points were considered for taking samples along El Murciélago beach in the city of Manta. The sampling campaign was carried out for a period of time of about one month, with 9 repetitions per sample, that is, 45 samples were obtained for their respective analysis. The methodology used for the fecal coliform count was through multiple tube fermentation (NMP). The results showed high levels of fecal coliforms in the first two weeks of sampling, values that were above the maximum permissible levels according to current environmental regulations in Ecuador. At monitoring points 3-4-5, maximum values of up to 1600 NMP/100ml were reached, while at points 1-2 relatively low values of fecal coliforms were obtained, with a maximum peak of 7.8 NMP/100ml. In the third and last week of monitoring, the microbiological analyzes showed that none of the samples exceeded the maximum levels required by environmental regulations, due to the beach recovery work carried out by the municipality, which consisted of eliminating the dumping of sewage at the coastline.

KEYWORDS

Fecal coliforms, wastewater discharges, El Murciélago beach, seawater.

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La contaminación por aguas residuales es una amenaza que va en aumento para el ser humano y la vida marina, constituyéndose en el mayor porcentaje de contaminación costera en el planeta (Wear, 2015). En el mundo, se estima que el 80% de las aguas residuales son descargadas al medio ambiente sin tratamiento, vertiendo una serie de contaminantes dañinos al océano y causando perjuicios a las personas y los arrecifes de coral (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO], 2017).

Las descargas de aguas residuales son uno de los principales problemas de contaminación de las zonas costeras, aportando al ecosistema marino un gran número de bacterias patógenas, de esta manera la calidad de agua para uso recreativo es factor fundamental para garantizar la salud de los turistas; investigaciones realizada en agua marina indican que diversas enfermedades se asocian a los niveles de contaminación fecal, tales como enfermedades de las mucosas, de la piel y digestivas (Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios [COFEPRIS], 2015).

En el año 2012 la Organización Panamericana de la Salud (OPS) mencionó que el 10% de las aguas servidas de los hogares terminan directamente en el mar, ríos, lagos o quebradas al no contar con un sistema de alcantarillado; a esto se suma de que las aguas servidas que sí son eliminadas a través de la red de alcantarillado (66,6%) solo el 5% recibe un tratamiento eficiente.

Más de un tercio de la población mundial vive cerca de ecosistemas costeros, por ejemplo, playas, bahías, estuarios. Sin embargo, la gran mayoría de las poblaciones costeras carecen de acceso a saneamiento seguro (Organización Mundial de la Salud [OMS] y el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia [UNICEF], 2017).

Las principales ciudades costeras de los países subdesarrollados o países con bajos ingresos económicos son una fuente importante de contaminación por aguas residuales debido a la austera capacidad para tratar sus aguas. Sin embargo, las

naciones con mayor capacidad de gestión y desarrollo no están exentas. En Estados Unidos se descargan anualmente 1.2 billones de galones de efluente, esto incluye aguas residuales sin tratar, escorrentía de agua lluvia y desechos industriales en cuerpos de aguas de origen natural (Wear, 2020).

De acuerdo con la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2020) en América Latina y el Caribe la contaminación de playas es causada por descargas sin control de redes domésticas de aguas servidas sin ningún tratamiento, constituyéndose en un problema serio de salud para la población; en ciertos casos son problemas excepcionales como el colapso del sistema de red de alcantarillado que contaminó las playas de Río de Janeiro-Brasil en el año 2003 (Vergaray, 2007).

De acuerdo a lo expuesto por Vergaray (2007) se debe considerar que hay al menos tres fuentes principales de contaminación fecal humana hacia cuerpos de agua marino de uso recreacional: desagües domésticos, descargas de ríos u otros cursos de agua, y directamente del bañista que terminan afectando la calidad de este recurso.

La OMS (2018) calcula que unas 842.000 personas mueren cada año de diarrea como consecuencia de la insalubridad del agua, el deterioro de la calidad del agua constituye un problema ambiental cada vez mayor debido a los efectos perjudiciales sobre la salud de los seres humanos y su impacto en el medio ambiente.

En esta misma línea, al evaluar los avances de los Objetivos del Desarrollo Sostenible en el Ecuador se determinó que el 15,4% de la población urbana y 31,8% de la población rural ecuatoriana consume agua contaminada con coliformes fecales (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos de Ecuador [INEC], 2020).

En el Ecuador, la calidad ambiental de las playas con enfoque turístico está relacionada con descargas de aguas servidas a través de ríos que desembocan en el mar o tuberías clandestinas, este efecto incide en la salud de los residentes y turistas (Cárdenas, 2018). En Ecuador, en la región costa, de acuerdo a datos proporcionados por el INEC (2020) de 73 municipios con los que existen datos

tabulados, el 86,9% cuenta con alcantarillado sanitario, mientras que el 13,1% no cuenta con este sistema.

Existe una variedad de parámetros indicadores de calidad de agua, siendo uno de los más importantes el grupo Coliformes. Dentro de este grupo existe un subgrupo llamado coliformes fecales, siendo su bacteria principal *Escherichia coli*, la presencia de esta bacteria en el agua indica contaminación fecal provocada principalmente por descargas de aguas residuales y la presencia de residuos sólidos (Orellana, 2005). Por ejemplo, en la playa Chipipe, cantón Salinas se determinó la presencia de Coliformes fecales, los cuales sobrepasaron los límites permisibles, esto debido a las descargas de aguas residuales domésticas y desperdicios sanitarios que son vertidos directamente al mar (Villacrés, 2017).

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO, 2020) menciona que más de 80 países en el mundo se dedican a la pesca de atún y en Manta principalmente por su ubicación estratégica se han asentado numerosas industrias dedicadas a esta actividad las cuales no cuenta con sistemas propios de tratamiento de aguas residuales, a su vez quienes generan estas aguas servidas optan por descargarlas al sistema de alcantarillado doméstico, a las quebradas, ríos o directamente al mar sin tomar en cuenta los parámetros establecidos en la normativa ambiental vigente (Pincay, 2022).

Por otra parte, la ciudad de Manta carece de una correcta red de alcantarillado pluvial, en el año 2015 de acuerdo a la información proporcionada por el director técnico de la Empresa Pública Aguas de Manta (EPAM) indicó que sedimentos arrastrados por las lluvias ocasionaron que se obstruyera la tubería adherida al colector ubicado frente a la playa El Murciélago, además causó problemas en la estación Umiña en algunos componentes de la bomba de impulsión de las aguas servidas hacia la planta de tratamiento de aguas residuales (EPAM, 2015).

Bajo este panorama, se evidencia la falta de investigaciones publicadas como tesis o artículos científicos relacionados sobre la contaminación microbiológica por coliformes fecales en las playas del cantón, particularmente en la playa El Murciélago, tan solo antecedentes previos que denotan una inminente

contaminación, ante esta situación un antecedente es lo publicado por el diario la Marea, en febrero del 2019 el cual menciona que los niveles de coliformes fecales llegan hasta 3873 NMP, este dato fue proporcionado por un levantamiento realizado por el Gobierno Provincial de Manabí. En el mismo artículo de prensa *Palau*, ingeniero y consultor ambiental, menciona que los niveles altos de coliformes fecales presentes en la playa El Murciélagos se deben a la rotura de una tubería que transporta aguas servidas, la cual permaneció averiada por dos días (Diario La Marea, 2019).

En consecuencia, se plantea la siguiente interrogante ¿Cómo influye el vertimiento de aguas residuales en la contaminación por coliformes fecales en la playa El Murciélagos?

1.2. JUSTIFICACIÓN

Dentro de la Constitución de la República del Ecuador, en el Art. 14 se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

El capítulo séptimo, Art. 71 de la misma Constitución de la República del Ecuador, establece que la naturaleza o *Pacha Mama*, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos. Toda persona, comunidad, pueblo o nacionalidad podrá exigir a la autoridad pública el cumplimiento de los derechos de la naturaleza. Para aplicar e interpretar estos derechos se observarán los principios establecidos en la Constitución, en lo que proceda.

Por su parte, el Reglamento al Código Orgánico del Ambiente en el artículo 734 que hace referencia a las políticas nacionales oceánicas y costeras, inciso b, menciona “Prevenir, controlar y mitigar la contaminación de los espacios marítimos nacionales y zonas costeras”. Mientras el artículo 759, menciona que se prohíbe la descarga

de desechos a las playas, la franja adyacente de titularidad del Estado y el mar. No se podrán descargar aguas residuales operacionales que no cumplan lo establecido en las normas nacionales que regulan los límites permisibles de descarga, y los convenios internacionales.

Generalmente las playas costeras de recreación son áreas de esparcimiento para realizar actividades acuáticas y de ocio, que brindan beneficios importantes para la recreación, salud y bienestar de las personas. Sin embargo, el baño en el agua de mar puede representar riesgos para la salud de los usuarios, debido a que las aguas pueden estar contaminadas por la presencia de coliformes fecales, pudiendo ser causantes de infección, enfermedad y muerte (Organización Panamericana de la Salud [PAHO], 2013).

La ciudad de Manta fue declarada Municipio turístico desde 1999 por otra parte, en el año 2013 la ciudad recibió más de 600.000 turistas, mientras que en 2014 esa cantidad disminuyó en aproximadamente un 10% y en el año 2015 superó la cifra de visitantes del 2013 (Arias *et ál.*, 2017).

El turismo es uno de los pilares en la economía de la ciudad de Manta, siendo las playas su atractivo principal, es necesario tener conocimientos acerca de la demanda turística soportable de las playas, además de conocer y evaluar los diversos problemas ambientales, los cuales evitan que el turismo se potencie sustentablemente (Barcia *et ál.*, 2021).

La playa El Murciélagos con sus 1700 metros de zona costera cuenta además con la infraestructura necesaria para acoger a miles de turistas debido a que se encuentra ubicada en el centro del casco urbano, además de una innumerable cadena hotelera, su malecón escénico, restaurantes, mercado de artesanías, bares y áreas deportivas (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial [PDOT], 2014) convirtiéndola en el principal atractivo turístico de la ciudad, razón por la cual es necesario erradicar y minimizar los problemas de contaminación que se han vuelto visibles por el colapso del sistema de alcantarillado, contribuyendo desde la academia con la administración municipal en brindar información técnica

actualizada que sea útil en los procesos de toma de decisión (Gobierno Autónomo Descentralizado de Manta, 2020).

En un estudio en que se evaluó la capacidad de carga física para turistas en la playa El Murciélago se determinó que el área de la playa es capaz de soportar una carga turística de 41.345 visitantes al día, siendo la capacidad de carga física el límite máximo de personas que pueden visitar durante el día la playa y está dado por la relación entre los factores de visita (horario y tiempo de visita) el área disponible y la necesidad de espacio por persona (Barcia *et ál.*, 2021).

La ciudad de Manta es catalogada como un destino turístico de los más importantes en la costa ecuatoriana (Alcívar, 2016); la investigación propuesta plantea estudiar la relación entre el vertimiento de aguas residuales y el grado de contaminación por coliformes fecales en el agua marina frente a la playa El Murciélago. Con base a estos antecedentes, radica la importancia de realizar esta investigación, en donde se analizará el agua marina y así comprobar si los niveles presumibles de contaminación fecal están por encima de la normativa ambiental ecuatoriana vigente y así poder alertar a la toma de decisiones en favor de los bañistas que tienen contacto directo con estas aguas de uso recreacional.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la concentración de coliformes fecales en la playa El Murciélago (línea de marea 10 metros) por el vertimiento de aguas residuales.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los vertimientos de aguas residuales hacia el agua marina frente a la playa El Murciélago.
- Determinar la concentración de coliformes fecales en el agua marina frente a la playa El Murciélago.
- Comparar los resultados de las concentraciones de coliformes fecales en función de los parámetros pH y temperatura del agua marina frente a la playa El Murciélago.

1.4. IDEA A DEFENDER

Los niveles de concentración de coliformes fecales en el agua marina frente a la playa El Murciélago sobrepasan los valores permisibles de Número Más Probable (NMP) expuestos por el Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, anexo I de calidad de agua, en función de descargas clandestinas de aguas residuales domésticas.

CAPÍTULO II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES AL MEDIO MARINO

A través de la historia las aguas residuales se descargan en las vías fluviales más cercanas, aprovechando el proceso de dilución y oxidación de los contaminantes a través de una autodepuración. Sin embargo, el crecimiento poblacional y la diversidad de contaminantes en las aguas residuales hacen deficiente la idea de diluir una descarga en un cuerpo natural de agua (Sedlak, 2014).

La contaminación en ecosistemas marinos ha despertado la atención a nivel mundial, esto debido a que las descargas de aguas residuales sean estas de origen industrial o doméstico con alto contenido de desechos orgánicos causan problemas graves a la salud y por su puesto modifican el ecosistema marino, particularmente en las zonas adyacentes donde se provoca la contaminación (Trujillo, 2015).

Gran parte de las aguas residuales de una región o localidad terminan en el mar y en caso de no recibir un adecuado tratamiento según sus características, pueden afectar las costas, especies marinas, arrecifes de corales, manglares (zonas de cría de especies importantes) pudiendo llegar hasta contaminar las playas, perjudicando así a los pescadores y al turismo (García, 2013).

Existen una variedad de fuentes de contaminación que termina en las aguas costeras y que alteran significativamente la calidad del agua, entre las principales se cuenta con las descargas de aguas residuales urbanas, agrícolas e industriales; Sin embargo la contaminación emitida por aguas residuales domésticas a pesar de ser menos perjudicial para el ambiente si lo comparamos con aguas residuales industriales, puede causar grandes daños a los ecosistemas marinos debido a la carga importante de materia orgánica y microorganismos patógenos (Flores, 2011).

Entre las causas de la contaminación marina está el crecimiento demográfico, es decir las poblaciones que habitan en las zonas costeras que no poseen una infraestructura de saneamiento para el tratamiento de aguas residuales son quienes provocan estos efectos negativos relacionados con altas concentraciones de bacterias e impactos negativos al paisaje de la playa (Silva *et ál.*, 2007). De esta

manera, la contaminación en agua marina se vuelve un limitante para el crecimiento económico de la zona, perjudicando sustancialmente la actividad turística (Carranza, 2016).

En América Latina y el Caribe la contaminación en el agua marina es causada principalmente por descargas sin control de desagües domésticos sin previo tratamiento, constituyendo una problemática ambiental, de salud pública y a la actividad turística; en ciertos casos los problemas son perennes en el tiempo y en otros casos es consecuencias de actividades excepcionales como el colapso de tuberías, o redes de alcantarillado (López, 2009).

En Perú por ejemplo el 80% de la contaminación en sus playas es originado por los contaminantes que transportan los ríos que desembocan en el mar, y esto a su vez es provocado por las descargas de aguas residuales que vierten las poblaciones cercanas o asentadas a lo largo de una cuenca hidrográfica que desemboca en el mar (Directiva Sanitaria de las Playas del Litoral Peruano [DIGESA] 2010).

2.2. IMPACTOS A LA SALUD HUMANA

La carga contaminante microbiológica vertida en cuerpos de agua es capaz de transmitir enfermedades al ser humano a través del baño y la recreación, consumo de agua, mariscos recolectados de aguas contaminadas. La exposición puede originar infecciones en los oídos, los ojos, erupciones en la piel, dolencias tóxicas e infecciones bacterianas como salmonella, entre otras (Abaya, 2018). Las enfermedades como el cólera, la fiebre tifoidea y diarreas son el principal problema de salud relacionado con la contaminación por aguas residuales, causando 1.6 millones de muertes en 2017 (Dadonaite, 2018).

El incremento de patógenos resistentes a antibióticos, es un impacto a la salud humana y que guarda relación con la contaminación por aguas residuales; la resistencia a antibióticos es responsable de 700000 muertes en el año, una cantidad que crece por la mala administración de antibióticos, falta de saneamiento, tratamiento ineficiente de las aguas residuales y vertidos al medio ambiente (O'Neill, 2016).

A nivel mundial los patógenos presentes en los mariscos causan 4 millones de casos de hepatitis A y E anualmente, aproximadamente 40 mil muertes y otros 40 mil casos de discapacidad a largo plazo debido a daño hepático tipo crónico (Shuval, 2003). En un estudio realizado en la costa de Myanmar identificaron 5459 patógenos bacterianos en el tejido de ostras, sedimentos marinos y agua de mar, concluyendo que el 51% de los patógenos encontrados en las ostras eran perjudiciales para la salud humana (Littman, 2020).

La contaminación fecal en las playas para bañarse puede ser peligrosa para los humanos porque las heces pueden contener bacterias, virus y protozoos que pueden ingerirse y causar enfermedades intestinales. De 1999 a 2000, 59 brotes de enfermedades en los Estados Unidos se atribuyeron a la exposición al agua recreativa, y el 61 % de estos brotes fueron de gastroenteritis (Wheeler, 2003).

2.3. IMPACTOS AL MEDIO MARINO

El efecto por contaminación de aguas residuales es perjudicial para el medio marino, las descargas transportan patógenos, nutrientes y sólidos al océano que pueden causar blanqueamiento de los corales, y mortalidad en los corales, peces y mariscos; además las aguas residuales pueden alterar la temperatura del océano, el pH, la salinidad y los niveles de oxígeno, alterando de esta manera los procesos biológicos normales y la vida marina (Gordillo, 2018).

La contaminación del medio marino por vertidos residuales aumenta la exposición de los corales a virus, bacterias y otro tipo de microorganismos, provocando así enfermedades tales como la viruela blanca y la enfermedad de la banda negra. La viruela blanca es causada por un patógeno de origen humano intestinal *Serratia marcescens*, perteneciente al orden de las enterobacterias. Por su parte la enfermedad de la banda negra en los corales está asociada con el incremento de macroalgas que proliferan en aguas contaminadas (Muruleedhara, 2006).

Los arrecifes de coral que se encuentran ubicados cerca de las costas urbanas son vulnerables a la exposición de contaminantes que contribuyen a cambios en la salinidad y pH (Wear, 2015). Algunas consecuencias relacionadas con el impacto de la contaminación en los arrecifes de coral están asociadas con las aguas

residuales, lo cual provoca el desarrollo de enfermedades de los corales (Paulino, 2020).

2.4. COLIFORMES TOTALES

Entre los parámetros indicadores de calidad de agua, siendo uno de los más relevantes para construir un índice de calidad agua (ICA) se tiene al grupo coliformes, que son microorganismos que se encuentran presente en grandes cantidades en los intestinos de los seres humanos y animales. A partir del grupo coliformes se derivan una serie de subgrupos, entre ellos a los coliformes fecales, cuya bacteria principal es la *Escherichia coli*. Esta bacteria al estar presente en el agua indica contaminación fecal producida principalmente por descargas de aguas residuales (Palacios, 2013; Orellana, 2005).

Los coliformes totales se definen como bacterias gram negativas en forma bacilar, se encuentran a temperaturas que oscilan entre los 35 a 37 grados centígrados por dos días, se utiliza sales biliares como medio de cultivo y cuyo proceso contiene dos fases que son la presuntiva y la confirmativa. Los coliformes son unas bacterias indicadoras de contaminación biológica, su presencia está relacionada a que la zona donde fueron encontradas puede estar contaminada por aguas negras y de residuos sólidos que han sido eliminados de forma inapropiada (Munn, 2012; Murrel, 2013).

Se los puede considerar como indicadores de contaminación fecal para el control de calidad de agua destinada para recreación o consumo humano, los coliformes son más resistentes que las bacterias patógenas intestinales. Por lo tanto, su ausencia indica que el agua es bacteriológicamente segura (Gutiérrez, 2017).

Los coliformes cumplen los requisitos necesarios para ser un indicador de calidad de agua; los coliformes totales pueden ser de origen fecal y no fecal, su existencia indica que al agua está contaminada, mientras más coliformes se aíslan en el agua, mayor es la gravedad de la descarga de heces (Camacho, 2009).

2.4.1. COLIFORMES FECALES

Los coliformes fecales son un subgrupo de los coliformes totales, aproximadamente el 95% del grupo de los coliformes presentes en heces fecales, están formados por

Escherichia coli. Ya que los coliformes fecales se encuentran casi exclusivamente en las heces de animales de sangre caliente, se considera que reflejan mejor la presencia de contaminación fecal (Madigan, 2007).

Los coliformes fecales son también conocidos como coliformes termotolerantes, poseen la forma de varillas y se los encuentra en los intestinos de los seres humanos y animales. Su análisis puede estar basado sea por el método de las placas petrífilm que permite el conteo de unidades formadoras de colonia UFC o por el método de número más probable NMP, es un método estadístico compuesto por una etapa presuntiva y confirmativa (Porcel y Pilitaxi, 2019).

2.5. OBTENCIÓN DE MUESTRAS EN EL MEDIO MARINO

De acuerdo a los criterios expuestos por la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios, (2013) se sugiere las siguientes recomendaciones para la toma de las muestras en el medio marino:

- La muestra debe ser recolectada en horarios normales en que la playa recibe a los turistas para las actividades recreativas.
- En las playas con extensiones superiores a 500 metros, se debe tomar al menos una muestra por cada 500 metros lineales.
- En horarios de bajamar, las muestras deben ser tomadas en áreas donde la profundidad llegue a 1 metro, ser recolectada a contracorriente del flujo entrante y sumergir aproximadamente a 30 centímetros bajo la superficie del agua.
- En horarios de pleamar las muestras deberán ser tomadas a 1,5 metros de profundidad, si la pendiente es pronunciada el verificador podrá tomar la muestra a una profundidad entre el tobillo y la rodilla.
- Anotar en tabla de verificación detalles de la muestra, hora, temperatura y alguna otra información relevante.
- Etiquetar las muestras y almacenarlas a temperatura de 4°C previo a su transporte y análisis.

2.6. DETERMINACIÓN DE COLIFORMES EN AGUA

Entre los procedimientos que se efectúan para determinar la presencia de coliformes en el agua, es el método del Número Más Probable (NMP) el cual permite realizar una estimación de la cantidad de bacterias coliformes totales y fecales por mililitro de agua (Camacho, 2009).

La metodología del Número Más Probable está basada en la inoculación de una muestra de agua, la cual debe estar diluida en tubos que contienen medio de cultivo líquido selectivo, es importante que la muestra antes de ser analizada sea enviada en un envase estéril para evitar una posible contaminación de la muestra; esta técnica se fundamenta en la capacidad de este grupo microbiano en fermentar la lactosa con producción de ácido y gas al incubar a $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ durante 48 horas, esta procedimiento consta de la fase presuntiva y la fase confirmativa (Redondo, 2011).

Por otra parte, el método Petrifilm, es otro tipo de técnica capaz de identificar el recuento de colonias, y se obtienen resultados en menor tiempo que los métodos tradicionales, este tipo de método fueron desarrollados en el campo de la microbiología para simplificar los procedimientos de recuento microbiológico. Es un método fiable para la detección de la contaminación microbiana pudiendo ser ocupado sin inconveniente para control de la calidad ambiental (BioSen, 2017).

De acuerdo a la Guía de interpretación para el recuento de coliformes (2017) las placas Petrifilm están compuestas por un film inferior y superior; el lado inferior está recubierto por un medio de cultivo violeta, bilis, rojo neutro y lactosa que son sales que inhiben el crecimiento de bacterias Gram positivas. Por su parte el film superior presenta un gel soluble lo cual permite la gelificación rápida de las bacterias, este film superior permite además la difusión de oxígeno a pesar de que retiene el gas formado por los coliformes durante la fermentación de la lactosa.

2.7. LEGISLACIÓN AMBIENTAL RELACIONADA A LOS NIVELES DE COLIFORMES FECALES PERMISIBLES

Dentro de la normativa ambiental ecuatoriana, podemos citar el Acuerdo Ministerial 097-A donde se establecen las normas generales para descarga de efluentes a cuerpos de agua marina, y donde se especifica que se prohíbe la descarga de aguas residuales domésticas e industriales a cuerpos de agua salobre y marina, sujetos a la influencia de flujo y reflujo de mareas. En el anexo 1 del libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente (TULSMA) encontramos la norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua y donde se expresa que los niveles de contaminación por coliformes fecales son medidos en Número Más Probable (NMP).

Los criterios de calidad para aguas con fines recreativos están basados en el contacto primario que el usuario tenga en el medio acuático, como es el caso de la natación, buceo, e incluso baños medicinales; en el TULSMA anexo 1 del libro VI, específicamente la tabla 9 se expresan los criterios de calidad para aguas destinadas para fines recreativos, establecidos en la tabla 2.1

Tabla 2.1. Criterio de calidad de agua para uso recreativo de contacto primario

Parámetro	Expresado como	Límite Máximo Permissible
Coliformes fecales	NMP por cada 100 ml	200

Fuente: Libro VI Anexo 1, TULSMA

2.8. INVESTIGACIONES DE COLIFORMES EN EL ÁMBITO MUNDIAL

En Colombia, específicamente el distrito de Santa Martha, se monitoreo la contaminación por coliformes en tres playas obteniendo resultados que superaron los valores máximos permisibles establecidos por la normativa colombiana, haciendo imposible el aprovechamiento de estos ecosistemas para el uso del agua

marina de contacto primario, en este caso por la presencia de coliformes totales y fecales (Alvarado, 2020).

La presencia de coliformes se ve condicionada por la época lluviosa del año; En septiembre durante la época de lluvia se presenta la descarga de aguas de escorrentía a través de las distintas calles debido a la inexistencia de un alcantarillado pluvial, y del desborde de aguas negras. En enero, continúa la contaminación por la salida de aguas negras, las cuales se incrementan debido al aumento de la población durante la época de turismo (Ramos, *et ál.*, 2008). En la mayoría de playas con fines turísticos donde se realizan monitoreo, los resultados han estado por encima de los límites permisibles de la normativa nacional entre ellas, las playas del distrito de Santa Marta (Ramos, 2008).

Otro ejemplo a mencionar es de un estudio realizado en cuatro playas al noroeste de México, en el cual los resultados demuestran la presencia de contaminación microbiológica en meses donde la carga turística fue elevada, mientras que los muestreos realizados en época de baja afluencia turística demostraron que los niveles estaban dentro del rango permisible (León, 2015).

En un estudio efectuado en Tijuana Baja-California donde se han realizado muestreos en 29 estaciones de la costa y se determinó que las concentraciones medias de indicadores bacterianos no mostraron una diferencia significativa entre los períodos de muestreo para la mayoría de las estaciones. En cuanto a las estaciones que mostraron una diferencia, no hubo una tendencia visible con respecto al período de muestreo. Algunas estaciones mostraron valores más altos en verano, mientras que otras lo hicieron en invierno (Orozco, 2006).

En la Bahía de la Habana la descarga continua de los ríos Almendares, Cojímar y Quibú generó un gradiente de calidad del agua en los arrecifes de coral en la costa noroeste de Cuba. Los arrecifes cercanos a esas cuencas mostraron una disminución en la calidad del agua y las condiciones mejoraron al aumentar la distancia hacia el este y el oeste. El factor más influyente que afecta la variación espacial en la estructura de los corales fue la contaminación orgánica fecal (Rey, 2020).

En una investigación realizada en la costa litoral de Lima, se evaluó utilizando como indicadores a *E. coli* y *Enterococcus* en 8 playas en el mes de julio (invierno) determinando que en dos de ellas se obtuvieron valores inaceptables por la normativa ambiental peruana. En el mes de enero (verano) se encontraron valores que determinan que en tres playas son inaceptables para la recreación turística. La variación está relacionada con la descarga de desagües domésticos en las cercanías y afluencia masiva de turistas (Vergaray, 2007).

2.9. INVESTIGACIONES RELACIONADAS CON LA PRESENCIA DE COLIFORMES EN EL ECUADOR

Con base al acuerdo ministerial 097-A de la reforma al Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente de nuestro país, del anexo I tabla 10, que hace referencia a los límites de descarga a un cuerpo de agua marina para fines recreativos mediante contacto secundario indica que el límite máximo permisible de coliformes fecales es de 1000 NMP/100 ml, mientras que en la tabla 9, la cual hace mención a los criterios de calidad de agua para fines recreativos mediante contacto primario, expresa que el valor máximo permisible de coliformes fecales es de 200 NMP/100 ml.

En un estudio realizado por el Instituto Oceanográfico de la Armada (2013) donde se levantaron 109 datos para evaluar la contaminación biológica a lo largo de dos provincias de la costa ecuatoriana (Esmeraldas y Manabí) se determinó que las áreas más alejadas de la costa no presentan contaminación, pero al tener un acercamiento a las mismas, se evidencia una tendencia a sobrepasar el límite máximo permisible de 200 NMP/100ml.

Se identifican sitios puntuales que registran valores de coliformes superiores al límite máximo permisible, localizados muy cercanos a la costa, frente a la población de Esmeraldas, desembocadura del río Esmeraldas y Puerto Artesanal Pesquero, frente a punta La Chorrera en Pedernales, frente a las poblaciones de Bahía de Caráquez y San Vicente, estuario del río Chone, frente a la población de Jaramijó y frente al muelle de Autoridad Portuaria en Manta; estos datos máximos obtenidos fueron producto del aporte antropogénico de las poblaciones principales en las

áreas estudiadas, además de la influencia del ríos o estuarios (Palacios, 2014; Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada [INOCAR], 2013).

En el mismo estudio se concluyó que la evaluación de calidad microbiológica realizada en las áreas marino costeras estudiadas, determinó que el 65% no presenta contaminación por bacterias considerando estos ambientes como saludables, mientras que el 35% de los puntos muestreados presentan contaminación de moderada a severa (Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada [INOCAR], 2013).

Por su parte, en una investigación realizada por Porcel y Pilitaxi (2019) en la playa de ballenita, Península de Santa Elena, determinaron que las muestras de agua que se tomaron no presentaron contaminación mayor a la permitida por la normativa ecuatoriana, a pesar de aquello en el análisis, los autores determinaron que en el segundo muestreo hubo un ligero incremento de NPM/litro de unidades formadoras de colonia presentes en el agua, las causas están basadas a la época invernal, y mayor afluencia de turistas.

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN

El estudio se realizó en el agua marina frente a la playa El Murciélago de la ciudad de Manta. La extensión de la playa es de aproximadamente 2 kilómetros lineales, limitando al sur con el espigón de la playa Barbasquillo y al norte con el puerto de Manta. Las muestras de agua analizadas en esta investigación fueron llevadas hasta los laboratorios de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí donde se realizó el recuento microbiológico de coliformes fecales. En anexo 3 se adjunta el mapa correspondiente a la ubicación del área de estudio.

A continuación, se presenta la siguiente tabla de coordenadas de la zona de estudio:

Tabla 3.1. Coordenadas UTM de la ubicación del área de estudio

Latitud	Longitud
528514	9895766
528896	9895902
529096	9895946
529377	9896033

3.2. DURACIÓN

El presente estudio tuvo una duración de 6 meses a partir de su aprobación, hasta la entrega del documento final de investigación.

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

El presente estudio fue de carácter no experimental y utilizó fuentes bibliográficas como tesis y artículos científicos como citas secundarias de información, las cuales se centraron en la búsqueda de una problemática similar a la de esta investigación.

3.3.1. MÉTODO ANALÍTICO BIBLIOGRÁFICO

El método analítico bibliográfico es un procedimiento lógico que facilita descomponer en todos sus componentes la idea a defender a través de un respaldo

bibliográfico ya existente, este análisis bibliográfico debe tener una base objetiva con la realidad (Rodríguez, 2017).

Se aplicó este método a través de la revisión bibliográfica publicada, la cual permitió recopilar información necesaria para dar el sustento teórico a la investigación.

3.3.2. MÉTODO HIPOTÉTICO DEDUCTIVO

El método deductivo relaciona tres acciones, el primero de ellos la axiomatización, es decir verdades que no requieren demostración, en segundo lugar, la postulación que se refiere a las doctrinas creadas y como tercer punto la demostración, el cual hace referencia al acto científico propio de los matemáticos, lógicos, filósofos. El método deductivo a pesar de sus limitaciones, es de utilidad para la investigación, ya que permite al investigador interpretar a partir de la teoría los fenómenos que se han observado. Por lo tanto, las interpretaciones hechas a partir de la teoría pueden proporcionar hipótesis que son parte fundamental de la investigación científica (Dávila, 2006).

El propósito del estudio fue evaluar la variable independiente (vertido de aguas residuales) a partir de estas descargas observadas se determinó de qué manera inciden en la proliferación de coliformes fecales en agua marina frente a la playa El Murciélagos, además se recopiló información desde la zona de estudio, mediante visitas *in situ* para zonificar los puntos de descarga existentes, por lo que se empleó fichas de observación georeferenciando cada anomalía.

Una ficha de observación es considerada una estrategia para el registro de información y que es válida para el desarrollo de la investigación y sistematización de lo observado; generalmente en el trabajo de campo se utiliza este instrumento que es de gran ayuda para registrar en distintos períodos de tiempo, describiendo cada aspecto de interés observado en el área de estudio (Gallardo, 2016).

En la ficha de observación ambiental expuesta por Alarcón (2020) se modificaron ciertos detalles de esta ficha para acoplarla a las exigencias del estudio en discusión. Entre las variables con las que contó la ficha de observación están los vertidos de aguas residuales sobre el área de estudio, precisando datos de

geoposición, fecha, hora, medio físico en el cual se producen las descargas, entre otros.

3.3.3. MÉTODO CUANTITATIVO

Se empleó este método ya que se realizó la técnica del recuento de NMP para identificar la presencia de coliformes presentes en el agua marina de la playa, el cual proporcionó datos de la situación real de la variable dependiente. La implementación de la técnica de NMP para estimar la cantidad de coliformes fecales estuvo basado en la metodología de tubos múltiples.

3.3.4. TÉCNICAS ESTADÍSTICAS

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

Con el propósito de describir y analizar los datos encontrados se empleó la estadística descriptiva como técnica fundamental para tener una mejor interpretación de los datos; se utilizó el software *Minitab 19* que permitió estudiar los valores muestreados y graficarlos. En la investigación se analizó valores máximos, mínimos, media, desviación estándar, y se utilizó gráficas de barras para poder interpretar de mejor forma los resultados obtenidos, siguiendo lo descrito por (Rendón, 2016).

3.4. VARIABLES EN ESTUDIO

Variable independiente: Vertimiento de aguas residuales.

Variable dependiente: Contaminación por coliformes fecales.

3.5. PROCEDIMIENTOS

Los procedimientos realizados estuvieron basados de acuerdo a los objetivos específicos y enmarcados en el cronograma planificado de actividades.

3.5.1. IDENTIFICACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES EN EL AGUA MARINA FRENTE A LA PLAYA EL MURCIÉLAGO

Actividad 1: Levantamiento de datos acerca del área de estudio

El reconocimiento del área de estudio siguió lo expuesto por Duque (2008) quien recomendó formular una tabla que reúna datos importantes para una área específica, a través de esta tabla se logró conocer información preliminar.

Se recolectaron datos relacionados con las condiciones de mareas durante el mes de muestreo, esta información fue proporcionada por el INOCAR quienes cuentan con un calendario de mareas. El Inocar posee dentro de su sitio web tablas digitales de mareas para 20 puertos del Ecuador, entre ellos el puerto de Manta; los datos publicados fueron diarios y a su vez existe una tabla de predicción mensual, distribuida por cada día y donde se especifican las condiciones de la línea de mareas, sean estas de bajamar o pleamar (INOCAR, 2022).

Actividad 2: Identificación las descargas de aguas residuales

Los puntos de descarga de aguas residuales fueron identificados a través de una zonificación, la cual permitió determinar los vertimientos a lo largo de los metros lineales correspondientes al área de estudio, y a su vez esta zonificación permitió establecer el lugar donde se ubicaron los puntos de muestreo en el agua marina frente a la playa (Balseca, 2012).

La zonificación contempló recorrido en campo, a través del método de observación directa se localizaron los vertidos de aguas residuales georeferenciando cada punto a través de un GPS y se generó una ficha de observación en el cual se incluyó el número de descargas observadas, además el tipo de descarga, sea esta clandestina o propia de la red de alcantarillado y las coordenadas geográficas en donde se originan las descargas (Trujillo, 2015).

La identificación de los puntos de descargas de aguas residuales fue evidenciado y respaldado por la toma de imágenes a través de vehículos no tripulados, estos sobrevuelos se realizaron posterior al recorrido y observación visual de la zona de

estudio. Las imágenes tomadas por el dron permitieron obtener un mapa temático del área (Choque, 2020).

3.5.2. DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE COLIFORMES FECALES EN EL AGUA MARINA FRENTE A LA PLAYA EL MURCIÉLAGO

Actividad 3: Determinación de los puntos de muestreo

La determinación de los puntos de muestreo se basó de acuerdo con lo sugerido por el Instituto de Salud Pública de Baja California (2012) se analizó la relación con los sitios donde predominan las actividades recreativas por parte de los turistas, adicionalmente se tomó en cuenta la extensión lineal de la playa, en donde se consideró un punto de muestreo por cada 500 metros lineales del borde costero, es decir se señalaron 5 puntos de monitoreo. Como dato no menos importante el número de puntos de monitoreo guardó relación con las principales fuentes de impacto, en este caso las descargas clandestinas de aguas residuales, y redes de alcantarillado público (Ramos, 2008).

Actividad 4: Recolección de la muestra

La recolección de la muestra se tomó en el agua marina a una línea de marea de 10 metros a través de una sumersión rápida de un recipiente previamente esterilizado con capacidad de 500 ml (Trujillo, 2015). La muestra fue tomada a contracorriente del flujo entrante y a 30 cm aproximadamente bajo la superficie del agua (Pucci, 2013).

Conforme a lo citado por el Instituto de Servicios de Salud Pública de Baja California (2012) se consideró los días de bajamar y pleamar los cuales se verificaron con el calendario de mareas expuesto por el INOCAR, de esta manera en días de bajamar se extrajo la muestra en un área donde la profundidad no fue mayor a 1 metro, mientras que en días de pleamar se recolectó la muestra en un área cuya profundidad no fue ser superior a 1,5 metros, en ambos casos se tomó la muestra de agua a 30 centímetros bajo la superficie del agua marina.

Las muestras de agua extraídas se almacenaron aproximadamente a 4°C en hieleras, hasta su análisis correspondiente en el laboratorio, dentro de un margen

de tiempo menor a 12 horas (Flores, 2011). De acuerdo a la predicción de la tabla de mareas del INOCAR, el horario en que se tomaron las muestras fue entre las 08:00 a 10:00 de la mañana, esto debido a que las horas de predicción sea para bajar o pleamar fluctuaron en esos rangos de hora durante el mes pronosticado. La campaña de muestreo tuvo un tiempo de duración de seis semanas y con repeticiones de 3 días por semana, entre el 23 de mayo hasta el 01 de julio.

Actividad 5: Análisis de la muestra

La técnica utilizada para analizar la muestra fue a través de fermentación de tubos múltiples, el cual es un método cualitativo y cuantitativo, que consistió en identificar todas las bacterias aerobias y anaerobias facultativas que fermentan la lactosa, produciendo gas entre 24 a 48 horas a una temperatura de 35° grados Celsius (Redondo, 2011).

En este método los resultados del análisis se expresaron en términos de Número Más Probable (NMP) de coliformes fecales existentes (Cázares, 2014). Este número está basado en fórmulas de probabilidad, de modo que el análisis dependió del número de tubos utilizados para obtener una información más satisfactoria cuando el inóculo presenta gas en uno o todos los tubos (Standard Methods Wastewater, 2005). Esta prueba también fue recomendada por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) quienes en su norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1 108:2011 sugirieron este tipo de metodología para el recuento de coliformes fecales en el agua.

La prueba presuntiva permitió la inoculación de los microorganismos que se encontraban presentes en las muestras de agua utilizando caldo lauril sulfato como fuente de carbono y colocando tubos Durham para determinar la producción de gas. Estos tubos fueron incubados en la estufa a una temperatura de 37°C por un periodo de 24-48 horas (Fernández, 2017).

Finalmente, los tubos positivos de la prueba presuntiva fueron inoculados con un asa bacteriológica en tubos viales y con la campana de Durham, para esta prueba confirmativa se utilizó caldo EC, para luego incubar los tubos a una temperatura de 45°C en un tiempo de 24-48 horas (López, 2014).

Actividad 6: Comparación de los niveles de contaminación por coliformes fecales con la normativa ambiental ecuatoriana.

Los resultados obtenidos fueron comparados con la normativa expuesta por el Libro VI anexo 1 de calidad de aguas del TULSMA, específicamente en la tabla 9 donde se expresan los criterios de calidad de agua para uso recreacional, el límite máximo permisible expresado en la normativa ecuatoriana para aguas de contacto primario es de 200 NMP/100ml, las muestras que superaron este valor fueron catalogadas como calidad insuficiente para el uso recreativo (Libro VI anexo 1 del TULSMA, 2010).

3.5.3. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LAS CONCENTRACIONES DE COLIFORMES FECALES EN FUNCIÓN DE LOS PARÁMETROS pH Y TEMPERATURA DEL AGUA MARINA FRENTE A LA PLAYA EL MURCIÉLAGO

Actividad 7: Muestreo de pH, temperatura del mar y diferencia de color

La medición de la temperatura se realizó a través de un termómetro de mercurio líquido graduado, el cual constaba de un bulbo de vidrio que contiene el mercurio, el termómetro fue sumergido en el agua marina por una fracción de 30 segundos aproximadamente para luego tomar lectura de la temperatura observada (García, 2020).

En el caso del pH, la medición se la efectuó a través de un potenciómetro, el cual es un instrumento electrónico que mide a través de un electrodo el potencial de hidrógeno de una muestra, el electrodo fue sumergido a aproximadamente 4 cm durante 30 segundos en la muestra, luego se tomó nota del nivel de pH registrado en el tablero electrónico del equipo (Hernández, 2018).

El análisis de la diferencia de color, se realizó por medio de un colorímetro de la marca Konica Minolta CR-400, siguiendo la metodología del espacio de color CIELAB, previamente se calibró el equipo sobre una superficie plana y se tomó como referencia un blanco utilizando agua destilada como testigo. Luego se identificó los datos de cada muestra, de los ejes "L" el cual indica la luminosidad, el

eje “a” que representa la variación entre rojo-verde, y el eje “b” que indica la variación de color entre amarillo-azúl (Trujillo, 2017). Es importante destacar que los resultados que se obtuvieron solo indicaron la magnitud de la diferencia total de color entre las muestras con el testigo (Konica Minolta, 2022).

Actividad 8: Interpretación de parámetros Ph, temperatura del agua marina, diferencia de color y la concentración de coliformes fecales

En este caso se utilizó la correlación de Pearson, el cual es un método estadístico que toma como referencia una variable independiente (pH, temperatura y diferencia de color) y una variable dependiente (coliformes fecales) mediante una gráfica se estableció la correlación entre las variables (Carrera *et ál.*, 2016).

En la regresión lineal de las variables dependientes e independientes el coeficiente de correlación de pearson se denota por “r” el cual es un valor entre -1 y +1. Cuando el valor de “r” se acerca a ± 1 se lo define como una muy buena correlación entre las variables analizadas (Díaz, 2017).

Ecuación 1: Correlación de Pearson

$$r_{xy} = \frac{s_{xy}}{s_x s_y}$$

Donde:

s_x = *Desviación estándar de la variable x*

s_y = *Desviación estándar de la variable y*

Actividad 9: Interpolación y generación de mapa de coliformes fecales

Existen algunos métodos de interpolación dentro de los Sistemas de Información Geográfica, entre los más usados en el análisis de datos ambientales se encuentra la herramienta IDW (Ponderación de distancia inversa) y Kriging, en este caso se utilizó la herramienta IDW ya que la ponderación que realiza es en función de la distancia inversa, la superficie que se interpola será la de una variable dependiente de la ubicación (Environmental Systems Research Institute [ESRI], 2016).

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. IDENTIFICACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES EN EL AGUA MARINA FRENTE A LA PLAYA EL MURCIÉLAGO

De los 5 puntos de monitoreo considerados en el muestreo se determinaron 6 lugares donde ocurren descargas de aguas residuales domésticas (tabla 4.1). En la sección de anexo, se presentan las respectivas evidencias fotográficas que sustentan los hallazgos reportados en el presente estudio. Estas evidencias contienen material que permite constatar la existencia de vertidos, tanto de tuberías que se conectan a la red de estación de bombeo Umiña, y de tuberías clandestinas que descargan efluentes residuales directamente al agua marina.

Tabla 4.1. Levantamiento de información en campo

Coordenadas (X,Y)	Tipo de descarga	Observaciones	Fotografías
528461,66 9895698,53	Pública	Descarga proveniente de un ducto municipal	Anexo 1-A
528593,48 9895734,94	Pública	Descarga proveniente de la red de tuberías de la estación de bombeo Umiña	Anexo 1-B
528814,51 9895797,31	Clandestina	Tuberías clandestinas sobre un talud colindante al área de estudio	Anexo 1-C
528917,25 9895820,75	Pública	Descarga cercana junto a la estación de bombeo Umiña	Anexo 1-D
529063,65 9895866,56	Clandestina	Tuberías provenientes de infraestructuras privadas	Anexo 1-E
529199,25 9895912,87	Pública	Descarga proveniente de la red de tuberías de la estación de bombeo Umiña	Anexo 1-F

A continuación, en las figuras 4.1- 4.5, se identificó mediante las imágenes tomadas por dron (modelo *mavic, air 2s*) las descargas de aguas residuales que eran vertidas al mar, la visualización de estas descargas fue favorable debido a las condiciones de bajamar, en ese sentido tomando los registros de las tablas de mareas proporcionado por el INOCAR (tabla de mareas en Anexo 2).

En la figura 4.1, se denotan tres plumas de contaminación, originadas por la red de tuberías que conectan a la antigua estación de bombeo Umiña. Esta red de tuberías atraviesa la zona por debajo de las piedras escolleras. A un costado de la imagen (inferior derecha) se logra apreciar la red de tuberías que sobresale de las piedras escolleras.

Figura 4.1. Descarga proveniente de la red de tuberías de la estación de bombeo Umiña



Por su parte, la figura 4.2 es una imagen captada junto a la estación de bombeo Umiña. Cercana a ella, existen dos vertidos: uno de ellos propio de roturas en la red de tuberías que se conectan a la estación y una segunda descarga procedente de una tubería clandestina que emerge por el talud cubierto de vegetación.

Figura 4.2. Imagen captada junto a la estación de bombeo Umiña



En la figura 4.3 no se evidenciaron descargas al momento del levantamiento con el avión no tripulado, todo lo contrario, a días previos cuando se realizó el recorrido de observación directa en el área de estudio (tabla. 4.1).

Figura 4.3. Imagen tomada en horarios donde no se evidenció vertidos de aguas residuales



En el extremo de la playa, colindando con el espigón de Barbasquillo se capturó la figura 4.4 en la que se alcanza a divisar una pluma de vertido procedente de un ducto público de aguas lluvias, en el que visualmente se constató que sus aguas son grises y de mal aspecto.

Figura 4.4. Descarga proveniente de un ducto municipal



Finalmente, en el otro extremo de la playa el Murciélagó visualmente no se evidencio ningún tipo de vertidos. De igual manera, en la figura 4.5 tomada por el drone se observa arena seca e inexistencia de algún tipo de pluma que contamine el borde costero.

Figura 4.5. Imagen aérea sin ningún tipo de vertido hacia el mar



Como producto de este levantamiento en campo, se constataron al menos seis descargas importantes, tanto clandestinas como públicas (tabla 4.1) predominando las descargas en horarios de la mañana.

De acuerdo con un anuncio publicado por el GAD municipal de Manta a inicios del mes de febrero del 2022, se mencionó la eliminación total de la contaminación proveniente de la estación de bombeo Umiña e iniciando de esta manera la recuperación de la playa El Murciélago.

El anuncio contemplaba que en la semana del 7 al 11 de febrero se ponía en marcha la nueva estación de aguas servidas, Centenario; esta nueva estación de bombeo efectivamente se inauguró y actualmente se encuentra funcionando (Anexo 1-G).

En las siguientes semanas del mismo mes, el cabildo municipal propuso la eliminación total de las líneas de conducción tanto izquierda como derecha, y el derrocamiento de la vetusta estación Umiña (Anexo 1-H).

Por su parte, en el levantamiento de información realizado en el mes de abril de 2022, tanto de observación directa, y con la ayuda del dron, se evidenció vertidos en el borde costero de la playa El Murciélagu, y la presencia aún de la línea de conducción izquierda, la cual en ciertos tramos el agua residual es descargada a la playa (Anexo 1-B).

4.2. DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE COLIFORMES FECALES EN EL AGUA MARINA FRENTE A LA PLAYA EL MURCIÉLAGO

A pesar de que se encontraron 6 puntos de descarga, señalados en el mapa de ubicación de los puntos de monitoreo (Anexo 3) se muestrearon solo 5 puntos conforme a la propuesta original.

De acuerdo con el resumen de mareas (tabla 4.2) en los días de muestreo hubo 5 días donde predominaron las condiciones de bajamar y 4 días en que las condiciones de pleamar cubrían los puntos de descarga de aguas residuales.

Tabla 4.2. Niveles de la línea de marea en los días de muestreo

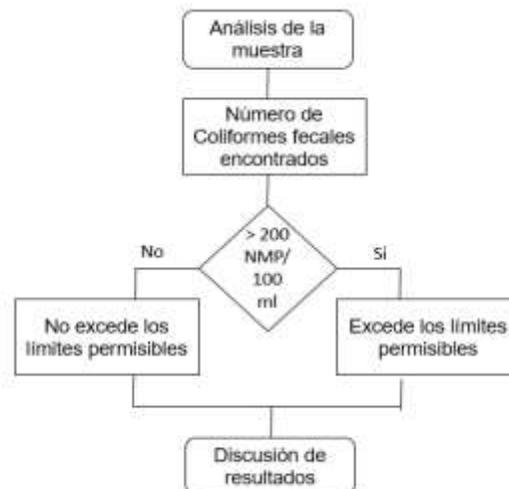
Fecha	Horario	Línea de mareas (m)	Situación de marea durante el muestreo
23/5/2022	10:06	2,4	Pleamar
25/5/2022	5:53	0,7	Bajamar
27/5/2022	7:44	0,7	Bajamar
6/6/2022	8:27	2,3	Pleamar
8/6/2022	10:15	2,3	Pleamar
10/6/2022	5:46	0,8	Bajamar
27/6/2022	8:50	0,8	Bajamar
29/6/2022	10:12	0,7	Bajamar
1/7/2022	5:22	2,4	Pleamar

La recolección de la muestra (Anexo 1-I) dio como resultado altos niveles de contaminación (Anexo 1-J), principalmente en la primera semana de muestreo;

Entre los resultados a destacar se pondera que, de las 45 muestras analizadas durante el muestreo, 11 de estas sobrepasan los límites permisibles expuestos en la normativa (figura 4.3).

Además, los niveles de NMP fueron más altos en los sitios de muestreo M3-M4-M5, obteniendo valores máximos en la primera semana de 1600 NMP/ 100 ml en el sitio de muestreo M3-M4, y 450 NMP/100 ml para el sitio de muestreo M5, estos valores comparados con el nivel máximo propuesto por la normativa ambiental ecuatoriana estuvieron por encima de los límites permisibles (figura 4.7).

Figura 4.6. Esquema representativo a los límites máximos permisibles basados en el TULSMA, Libro VI



Los valores de los puntos M3-M4-M5 se los observa geográficamente en los mapas temáticos adjuntos en la sección de anexo 3. Precisamente entre estos tres puntos de monitoreo, se identificaron los niveles máximos de toda la fase del monitoreo. Para la segunda semana del monitoreo tanto en M3-M4 se obtuvieron nuevamente máximas de 1600 NMP/100 ml, mientras que M5 los niveles disminuyeron y no sobrepasaron los límites exigidos por la normativa, alcanzando máximas de tan solo 11,6 NMP/100 ml.

En la tercera semana del monitoreo ninguna de las muestras analizadas sobrepasó los límites máximos permisibles, los puntos M3-M4 que fueron los más críticos durante el estudio alcanzaron concentraciones máximas de 9,8 y 46 NMP/100 ml.

Por su parte en los sitios de muestreo M1-M2 las concentraciones de coliformes fecales estuvieron siempre por debajo de la normativa ambiental durante las tres semanas del monitoreo, obteniendo máximas durante el tiempo analizado de 2 y 7,8 NMP/100 ml respectivamente.

Posterior al análisis en laboratorio, se demostró que en todas las muestras durante el periodo de monitoreo se encontró la presencia de coliformes fecales, aunque no en todas las muestras analizadas los niveles de coliformes fecales sobrepasaron los 200 NMP/100 ml. En la tabla 4.3, se exponen los resultados del recuento de coliformes fecales encontrados.

Tabla 4.3. Niveles de coliformes fecales de acuerdo a los puntos de monitoreo establecidos

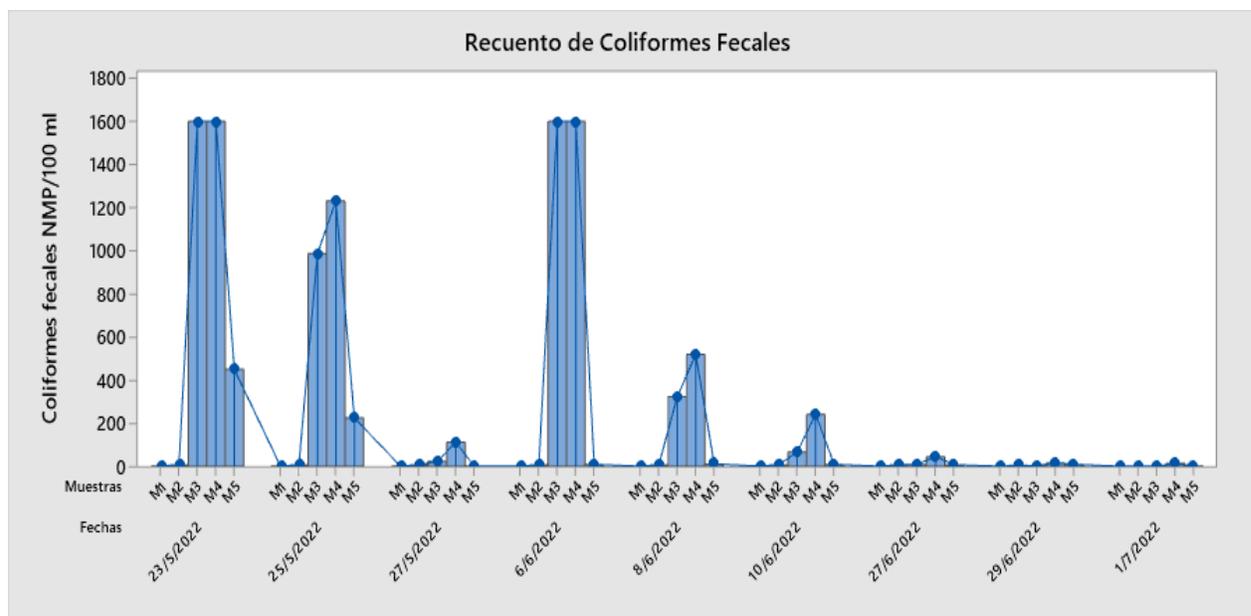
Fechas de muestreo	Muestras	Coordenadas (X,Y)		Coliformes fecales (NMP/100ml)
23/5/2022	M1	530428,55	9896479,92	2
	M2	529718,09	9896209,65	7,8
	M3	529222,86	9896002,49	1600
	M4	528889,48	9895874,65	1600
	M5	528382,93	9895766,22	450
25/5/2022	M1	530428,55	9896479,92	1,8
	M2	529718,09	9896209,65	7,2
	M3	529222,86	9896002,49	986
	M4	528889,48	9895874,65	1230
	M5	528382,93	9895766,22	226
27/5/2022	M1	530428,55	9896479,92	1,8
	M2	529718,09	9896209,65	7,8
	M3	529222,86	9896002,49	24
	M4	528889,48	9895874,65	112
	M5	528382,93	9895766,22	1,8
6/6/2022	M1	530428,55	9896479,92	1,8
	M2	529718,09	9896209,65	7,8

	M3	529222,86	9896002,49	1600
	M4	528889,48	9895874,65	1600
	M5	528382,93	9895766,22	9,3
	M1	530428,55	9896479,92	1,6
	M2	529718,09	9896209,65	7,2
8/6/2022	M3	529222,86	9896002,49	324
	M4	528889,48	9895874,65	520
	M5	528382,93	9895766,22	11,6
	M1	530428,55	9896479,92	1,6
	M2	529718,09	9896209,65	7,6
10/6/2022	M3	529222,86	9896002,49	68
	M4	528889,48	9895874,65	242
	M5	528382,93	9895766,22	9,3
	M1	530428,55	9896479,92	1,3
	M2	529718,09	9896209,65	7,4
27/6/2022	M3	529222,86	9896002,49	9,8
	M4	528889,48	9895874,65	46
	M5	528382,93	9895766,22	8
	M1	530428,55	9896479,92	1,3
	M2	529718,09	9896209,65	5
29/6/2022	M3	529222,86	9896002,49	3,2
	M4	528889,48	9895874,65	17
	M5	528382,93	9895766,22	9,6
	M1	530428,55	9896479,92	1,2
	M2	529718,09	9896209,65	2
1/7/2022	M3	529222,86	9896002,49	1,8
	M4	528889,48	9895874,65	14
	M5	528382,93	9895766,22	2

Estos resultados de las muestras M3-M4-M5 encuentran explicación debido a que estos puntos están localizados frente o junto a las principales descargas de aguas residuales de origen fecal. El punto M3 por ejemplo, representa una muestra cuya procedencia es el resultado de fugas de la red de tuberías de lado izquierdo de la antigua estación de bombeo Umiña que aún no ha sido removida.

Por su parte, estos niveles de coliformes fecales disminuyeron en la última semana de muestreo (figura 4.8). Estos resultados, están relacionados con los trabajos realizados por el GAD municipal quien inició actividades de recuperación de la playa El Murciélagos, eliminando una parte de las redes de tuberías que transportan aguas residuales a la estación de bombeo Umiña disminuyendo los vertidos hacia el agua marina (Anexo 1-K).

Figura 4.7. Gráfica de barras de los resultados de coliformes fecales.



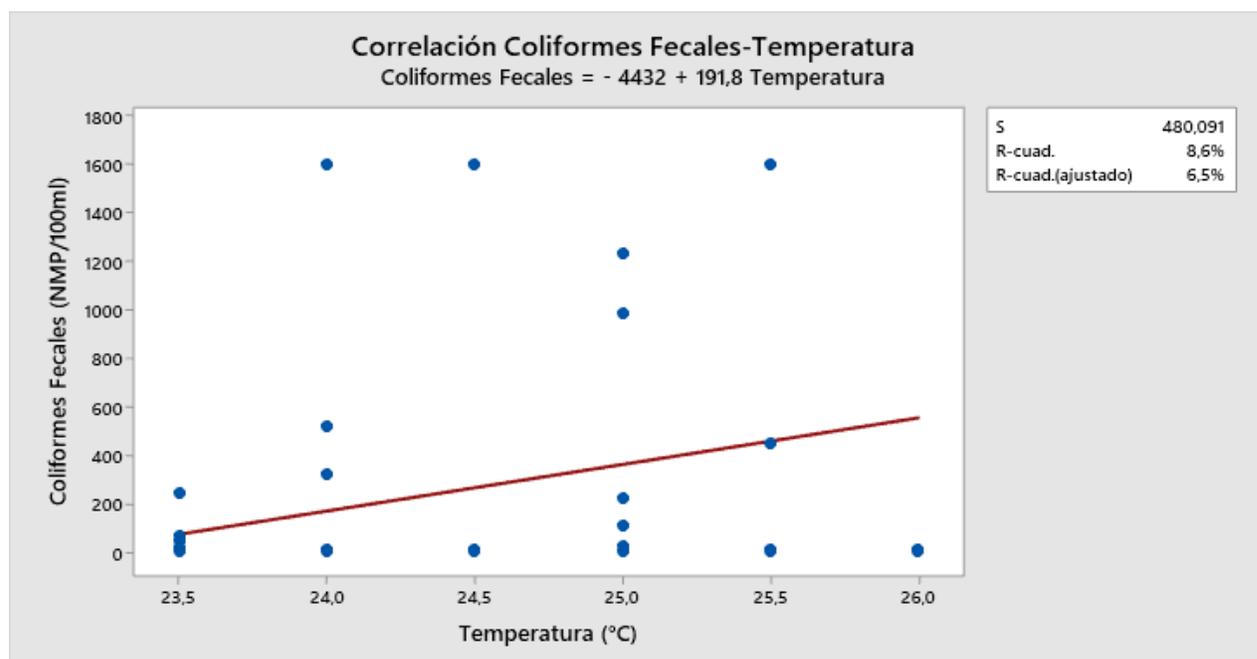
Las muestras M1-M2 no excedieron los valores máximos permisibles. Entre estos dos puntos de monitoreo se registraron mínimas de 1,2 NMP/100 ml y máximas de 7,8 NMP/ 100ml, a pesar de no identificar ningún tipo de descarga de aguas residuales sobre el medio marino. Estas concentraciones a pesar de ser bajas, son argumentadas de acuerdo a lo citado por la literatura, la cual menciona que existe contaminación por fuentes difusas en las zonas costeras; es decir contaminación

originada por los bañistas, aves, o por fauna urbana como perros que ingresan a la playa (Badilla, 2019), y es precisamente en estas zonas de la playa El Murciélago en donde mayoritariamente se efectúan las principales actividades de recreación turística.

4.3. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LAS CONCENTRACIONES DE COLIFORMES FECALES EN FUNCIÓN DE LOS PARÁMETROS pH Y TEMPERATURA DEL AGUA MARINA FRENTE A LA PLAYA EL MURCIÉLAGO

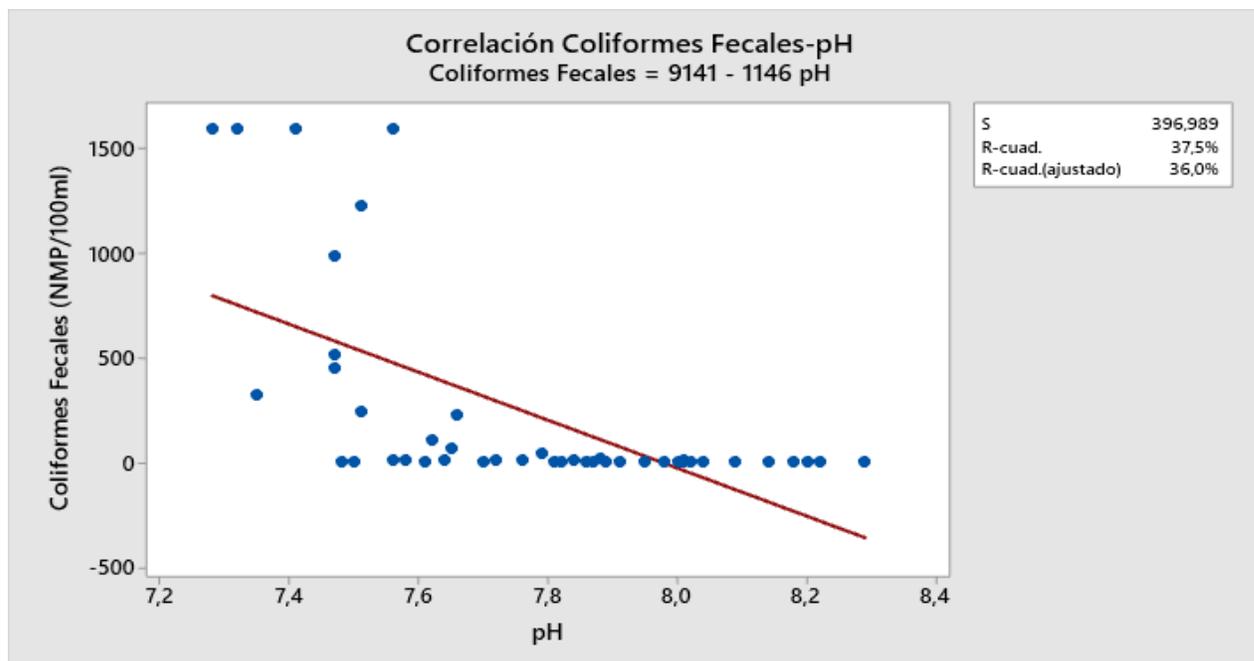
Los valores de temperatura del agua marina, tuvieron máximas de 26°C y mínimas de 23,5°C. La correlación entre los datos de temperatura con los resultados obtenidos en el recuento de coliformes fecales fue de 0,08 (figura 4.9). Esto demuestra que la correlación es nula entre la temperatura del mar y la cantidad de coliformes fecales encontrados, es decir que las temperaturas registradas durante la fase de monitoreo las cuales estuvieron en el rango entre 23,5-26 °C, no influyen en la presencia de coliformes fecales en el agua marina.

Figura 4.8. Gráfica de regresión lineal entre Coliformes Fecales y la Temperatura del agua marina



Para el caso del pH, se obtuvieron valores máximos de 8,29 y mínimas de 7,28 (Anexo 1-L). El análisis estadístico efectuado entre las variables pH y los coliformes fecales alcanzó una correlación de Pearson de 0,37 (figura 4.10) valor que refleja una baja relación entre las variables consideradas. Por lo tanto, en rangos de pH entre 7-8,5 las concentraciones de coliformes fecales no se verán afectadas, sean estas para incrementar su concentración o disminución.

Figura 4.9. Gráfica de regresión lineal entre Coliformes Fecales y el pH del agua marina



No obstante, estos resultados de correlación, se los puede comparar con lo asegurado por Shibata (2010) quien correlacionó las variables pH y temperatura para proporcionar un modelo de predicción con variables ambientales, obteniendo niveles bajos de correlación con la concentración de bacterias de origen fecal.

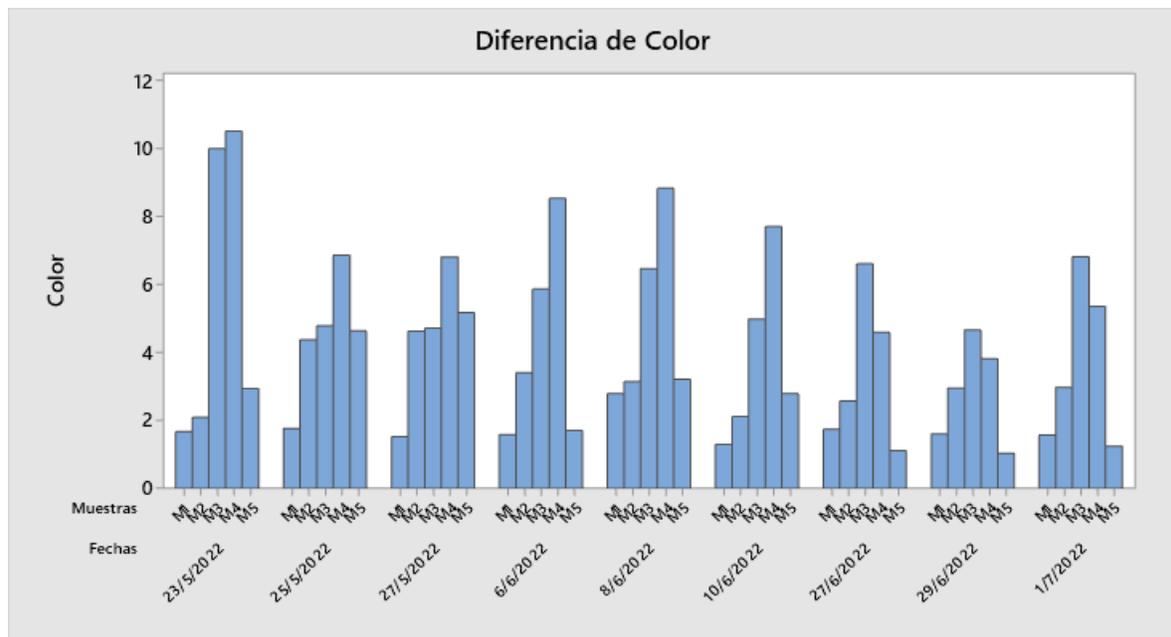
La variación de temperatura obtenida en este análisis, no guarda relación con la concentración de coliformes fecales, puesto que la cantidad de coliformes radica preferencialmente por los vertidos de aguas residuales. De acuerdo con Morales (2020) los parámetros ambientales como temperatura principalmente, no refleja que

sea relevante en la capacidad de supervivencia o proliferación de colonias de coliformes fecales.

En Perú con variaciones de temperatura tomadas en el agua marina, que oscilaban entre 19,8 °C - 24,7 °C, la concentración de coliformes fecales se relacionó con las fuentes de contaminación (Trujillo, 2015). Por su parte, a un pH mayor a 6 como es el caso de este estudio, las células bacterianas ajustan su pH interno, a través de una respuesta homeostática (Gómez, 2007).

Para el caso del color, (Anexo 1-M) y cuyos resultados están representados en la figura 4.11, los valores obtenidos en las muestras M3-M4-M5 fueron las que mayor diferencia numérica presentaron en relación al testigo. Esta diferencia de color sí guarda relación con la cantidad de coliformes fecales encontrados, ya que en las muestras M3-M4-M5 en las dos primeras semanas de muestreo fueron las que excedieron en los límites permisibles expuestos en la norma ambiental y cuyo valor estuvo por encima de los 200 NMP/100 ml.

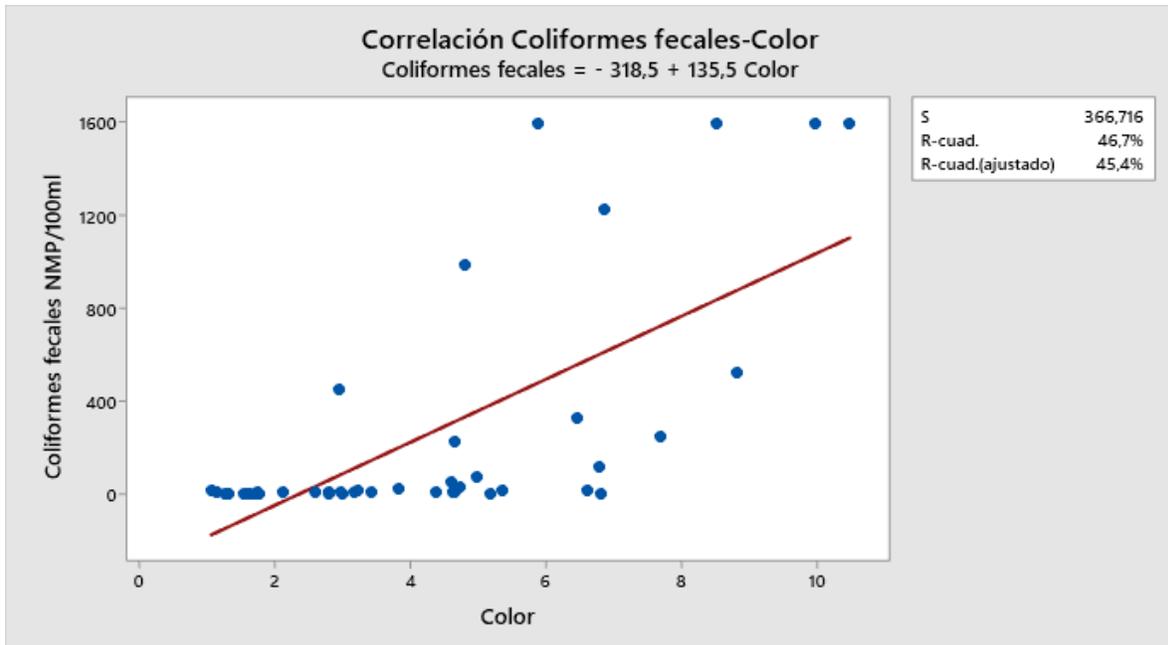
Figura 4.10. Gráfica de la diferencia de color



La diferencia de color obtenida en el análisis efectuado, es visible también en el cambio de tonalidad que existió cuando se recolectaron las muestras en los envases

previamente esterilizados, en la sección de anexo 1-N se aprecia una coloración más oscura en la muestra M3-M4, en comparación con el resto de muestras.

Figura 4.11. Gráfica de regresión lineal entre Coliformes fecales y Color



Los resultados obtenidos de la correlación reflejan un coeficiente de Pearson de 0,46. Este valor a pesar de ser más alto que los otros parámetros analizados, sigue siendo un valor que no guarda relación con la concentración de coliformes fecales. La diferencia de color entre una muestra y otra es relativa; es decir, la cantidad de coliformes fecales no influye directamente en la diferencia de color del agua marina. Finalmente, se realizó una interpolación con los valores promedios de cada muestra y de acuerdo a cada semana de muestreo en el recuento de coliformes fecales, utilizando la herramienta IDW (Inverse Distance Weighting) propia de los sistemas de información geográfica.

En la interpolación de la semana 1, se alcanzó valores de contaminación por coliformes fecales superiores de hasta 980 NMP/100 ml, una expresión que de acuerdo a la interpolación realizada comprende una extensión de 1000 metros lineales a lo largo de la playa; estos resultados se asemejan a la interpolación de la semana 2, cuyos valores se acercaron a los 787 NMP/100 ml; sin embargo, en el

mapa de la semana 3, los valores de coliformes fecales disminuyeron considerablemente, teniendo un rango entre 1 - 25 NMP/100 ml (figuras 4.13 - 4.14 - 4.15).

En el mapa correspondiente a la semana 1 (Anexo 3) entre los puntos de monitoreo M3-M4 se denota el rango máximo de contaminación que oscila entre los 700 - 980 NMP/100 ml, este valor interpolado demuestra lo visualizado en la primera semana de muestreo, particularmente en esa zona fue donde se encontraron 4 de las 6 descargas de aguas residuales, en una franja lineal de 1000 metros aproximadamente.

En lo que respecta al mapa de la segunda semana de monitoreo (Anexo 3) se aprecia una similitud con el mapa de interpolación de la primera semana, con un rango lineal de 1000 metros aproximadamente entre el punto M3-M4 es donde se concentra la mayor cantidad de coliformes fecales, en un rango de contaminación entre 600 - 787 NMP/100ml.

En la tercera semana de muestreo (Anexo 3) se obtuvieron como resultados niveles de concentración por debajo de la normativa ambiental. En la interpolación realizada, se ilustra claramente que los niveles no excedieron los límites máximos permisibles, alcanzando entre los puntos M3-M4 un rango máximo entre 20 – 25,6 NMP/100 ml.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Se identificaron 6 puntos de vertimientos de aguas residuales con derrames continuos generalmente en horas de la mañana, con descargas de caudales variables en las diferentes fechas en que se tomaron las muestras. Además, 4 de estas descargas pertenecen a la infraestructura municipal y dos de ellas a descargas clandestinas.
- De las 45 muestras analizadas durante el período de muestreo, 11 de estas sobrepasan los límites permisibles expuestos en la normativa ambiental ecuatoriana. Las zonas de principal concentración turística, como fue el caso de los puntos M1-M2, siempre estuvieron muy por debajo de los límites máximos permisibles, alcanzando niveles de coliformes fecales máximos de 7,8 NMP/100 ml. Los puntos críticos del estudio fueron M3-M4, presentando niveles de contaminación por bacterias de origen fecal en las dos primeras semanas de monitoreo, obteniendo máximas de hasta 1600 NMP/100 ml, los cuales excedieron los límites máximos permisibles. En el punto M5, en las dos primeras semanas, se determinó niveles que sobrepasaron dos veces los valores estipulados en la normativa ambiental, obteniendo 450 NMP/100 ml como concentración máxima en este punto de muestreo.
- La comparación de las concentraciones de coliformes fecales, en función con los parámetros temperatura, pH y color a través de la correlación de Pearson se alcanzó una correlación nula, obteniendo valores de r en el caso de la temperatura de 0,08, pH de 0,37 y color 0,46; demostrando estadísticamente a través de la correlación que estos parámetros ambientales no se relacionan con los niveles altos o bajos de coliformes fecales presentes en el agua marina.
- Se confirma la idea a defender en 24,44% de las muestras analizadas en función de los niveles de contaminación por coliformes fecales en el agua marina frente a la playa El Murciélagu, que sobrepasaron los valores

permisibles de Número Más Probable (NMP) expuestos en la normativa ambiental vigente en las semanas que se realizó el muestreo.

5.2. RECOMENDACIONES

- Mejorar la inversión pública del GAD municipal con recursos que estén destinados a recuperación del perfil costero de la ciudad de Manta; eliminando todo tipo de vertido de aguas residuales que son consecuencia de una incorrecta gestión pública y privada hacia cuerpos de agua natural, en este caso el mar. Si bien se ha puesto en marcha la estación de bombeo centenario, existen ramificaciones de tuberías propias de la antigua estación Umiña que aún descarga efluentes al mar, y que deben ser removidas en su totalidad.
- Contar con planes de monitoreo constantes especialmente en épocas de feriados donde existe una mayor cantidad de turistas, impulsados por el GAD municipal o Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica, que evalúen los niveles de contaminación del agua marina, no solo microbiológicos sino también otro tipo de parámetros que garanticen seguridad en la salud de los bañistas.
- Realizar análisis microbiológicos continuos de la arena del perfil costero, ya que es un recurso natural usado con fines recreativos por los turistas, y que por acciones antropogénicas es susceptible a ser contaminado por microorganismos patógenos.
- Documentar estudios que se realicen de este tipo, no solo gestionados por la academia, sino que también por parte del GAD municipal, prefectura o alguna cartera de estado.

BIBLIOGRAFÍA

- Abaya, L., Wiegner, J., Beets, S., Colbert, K., y Kramer, K. (2018). *Spatial distribution of sewage pollution on a Hawaiian coral reef. Marine pollution bulletin, 130:335-347.*
- Alarcón, J. (2020). *Equipos de protección para coronavirus covid-19 y su impacto ambiental en Playita Mía, Manta.*
- Alcívar, J. y Carrión, D. (2016). *Estrategias para potenciar el sector turístico de Manta.*
- Alvarado, E. (2010). *Agua: Efectos provocados por las actividades antropogénicas en la microcuenca del río Pixquiac.*
- American Public Health Association, (2005). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.* Washington DC, EEUU.
- Arias, A., Calderón, J. y Loor, A. (2017). *Percepción de los turistas sobre los servicios que ofrece Manta, un análisis previo al 16A.*
- Balseca, C. (2012). *Zonificación ambiental para la microcuenca del río Chirapi.*
- Badilla, A. y Mora, D. (2019). *Calidad sanitaria de las aguas superficiales en litorales de Costa Rica: Situación del 2012 al 2018.*
- Badilla, A. y Mora, D. (2019). *Análisis de la calidad bacteriológica de dos playas tropicales: Relación de indicadores de contaminación fecal entre el agua de mar y las arenas.*
- Barcia, D. y Moreira, R. (2021). *Evaluación de la capacidad de carga de los turistas en las playas Ligüiqui y El Murciélagos del cantón Manta, Provincia de Manabí.*
- Bio Sen. (2017). *Instrucciones de Uso y Guía de Interpretación para el recuento de Coliformes. Petrifilm 3M. México.*
- Botello. (2016) *La contaminación marina y la urgencia de su legislación.*

- Camacho, A., Giles, M., Ortegón, A. y Palao. M. (2009). *Método para la determinación de bacterias coliformes, coliformes fecales y Escherichia coli por la técnica de diluciones en tubo múltiple (Número más probable o NMP)*.
- Camacho, A., Giles, M., Ortegón, A. y Palao. M. (2009). *Técnicas para el análisis microbiológico de alimentos*. 2ª ed. Facultad de Química, UNAM. México
- Cajamarca, R., Giles, m., Ortegón, A., Palao. M. (2009). *Método para la determinación de bacterias coliformes, coliformes fecales y Escherichia coli por la técnica de diluciones en tubo múltiple (Número más probable o NMP)*.
- Cárdenas, M., Triviño, M., Rubira, K. y Troccoli, L. (2018). *Variación espacial de la diversidad de macrobentos en la Reserva Marina El Pelado*. Revista 87 lasallista de investigación, 15(2), 390-404.
- Carrera, D., Guevara, P., Tamayo, L. y Balarezo, A. (2016). *Relleno de series anuales de datos meteorológicos mediante métodos estadísticos en la zona costera e interandina del Ecuador, y cálculo de la precipitación media*.
- Cázares, M. y Alcántara, A. (2014). *Análisis microbiológico de la calidad del agua de ciudad Nezahualcóytl, acorde a la norma oficial mexicana Nom-127-ssa1-1994*.
- Cedeño, B. (2015). Empresa Pública aguas de Manta, EPAM. Solución para un problema sanitario de la playa El Murciélago. *Revista Ecuatoriana la gente de Manabí*. <https://lagentedemanabi.jimdofree.com/2015/01/11/soluci%C3%B3n-para-un-problema-sanitario-de-playa-el-murci%C3%A9lago/>
- CEPAL. (2020). *CEPAL presenta el primer panorama regional de los océanos, mares y los recursos marinos en América Latina y el Caribe*.
- Choque, A. (2021). *Determinación de los principales parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de la playa turística San Juan de la ciudad Juli*.
- Cortés-Lara M. (2003). *Importancia de los coliformes fecales como indicadores de contaminación en la Franja Litoral de Bahía de banderas Jalisco-Nayarit*.

- COFEPRI. (2015). Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios. *Vigilancia de agua de contacto primario en playas y cuerpos de agua dulce.*
- Dávila, G. (2006). *El razonamiento inductivo y deductivo dentro del proceso investigativo en ciencias experimentales y sociales.*
- Diario El Telégrafo. (2019). *Manta, la ciudad de las 13 playas, el viche, corviche y ceviche con maní.* (<https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/regional/1/manta-playa-gastronomia>).
- Diario La Marea. 11 veces más contaminados. (2019). (<http://www.eldiario.ec/lamarea/noticias-manta-ecuador/494007-11-veces-mas-contaminados/>).
- Diario Oficial de la Unión Europea. (2006). *Parlamento Europeo y del consejo de la Unión Europea relativa a la gestión de la calidad de las aguas de baño y por la que se deroga la directiva 76/160/CEE.*
- Díaz, J. (2017). *Correlación y regresión lineal de la evaluación tiempo y puntaje con recurso interactivo flash.*
- Duque, P. y Chinchay, L. (2008). *Diagnóstico ambiental en tres mataderos de ganado en la provincia de Loja y diseño del plan de manejo ambiental.*
- Esri. (2016). *Comparar métodos de interpolación.*
- Fernández, M. (2017). *Determinación de coliformes totales y fecales en aguas de uso tecnológico para las centrifugas.*
- Flores, M. y Ríos, M. (2011). *Calidad bacteriológica de las principales playas de la bahía de Acapulco, Guerrero.*
- Gallardo, D. (2016). *Prácticas de enseñanza de iniciación a la lecto-escritura en el nivel inicial II de una institución educativa ubicada en el centro de la ciudad de Quito.*

- García, A. (2020). *Evaluación de contaminación microbiológica (coliformes totales, Escherichia coli y enterococos en Bahía Magdalena, Baja California Sur, México.*
- Giler, A. y Lamar, R. (2021). *Evaluación espacial de la contaminación por coliformes fecales en la reserva marina El Pelado.*
- Goez, M., Vázquez, M. y Peña, P. (1996). *Determinación y diferenciación de Escherichia coli y Coliformes Totales usando un mismo sustrato cromogénico.* Laboratorio central Santiago de Compostela España.
- Gómez, R., Fucz, J., Campos, C. y Cárdenas, M (2007). *Comportamiento de coliformes fecales como indicadores bacterianos de contaminación fecal en diferentes mezclas de biosólido y estériles utilizados para la restauración ecológica de la cantera Soratama.* Bogotá. Universitas Scientiarum.
- Gordillo, F. y Malca, H. (2018). *Impacto ambiental por el vertimiento de aguas residuales al dren 2000 sobre la calidad de agua intermareal del distrito de San José.*
- Gutiérrez, L., Ríos, S. y Agudelo, R. (2017). *Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad de agua para consumo humano.*
- Hernández, I. (2018). *Monitoreo automatizado de los parámetros de calidad de agua pH, temperatura y conductividad.*
- Hernández, M. (2017). *Aplicación de SIG en la caracterización de las aguas de dos acuíferos de las Comarcas de la Marina Alta-Safor.*
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2020). *Registro de gestión de agua potable y alcantarillado 2020.* ARCA-AME-INEC-BDE.
- Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada. (2013). *Datos de coliformes fecales de la campaña de muestreo en las provincias de Manabí y Esmeraldas.*
- Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada. (2022). *Tabla de mareas en los puertos del Ecuador. Manta: Meses de mayo, junio, julio.*

- Larrea-Murrel, J. y Rojas, M. (2012). *Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: Revisión de la literatura.*
- León, C. (2015). *Evaluación de la calidad sanitaria de cuatro playas recreativas al noroeste de México.*
- Loayza, J. y Cano, P. (2015). *Impacto de las actividades antrópicas sobre la calidad del agua de la subcuenca del río Shullcas – Huancayo – Junín.*
- López, V., Vázquez, L., Sánchez, M., López, M. y López, R. (2014). *Presencia de coliformes fecales y totales en el Isognomon alatus en la laguna de Tampamachoco Veracruz.*
- Madigan, M. y Martinko, J. (2007). *Biology of microorganisms.*
- Mora, D., Vega, J. y González, F. (2019). *Evaluación de riesgo sanitario de las playas de Costa Rica periodo 2010-2017.*
- Morales, N., De la Torre, A., García, V. y Chávez, C. (2020). *Estudio de la calidad bacteriológica y parámetros fisicoquímicos del agua del Distrito de Riego 023.*
- Munn, C. (2012). *Marine microbiology: Ecology and Applications.* New York: BIOS Scientific publishers.
- Navarro, M. (2017). *Determinación de coliformes totales y E. Coli de aguas mediante la técnica de sustrato definido, colilert por el método de Número más Probable.*
- OMS (2018). *Organización Mundial de la Salud. Agua. Datos y cifras.*
- O'Neill, J. (2016). *Tackling Drug-Resistant Infections Globally: Final Report and Recommendations.* Wellcome Trust and UK Government.
- Organización Panamericana de la Salud. (2012). *Salud en las Américas.* Publicación científica y técnica No. 636.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2016). *La ganadería amenaza el medio ambiente.*
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2017). *The United Nations World Water Development Report. Wastewater the untapped resource.*

- Orellana, J. (2005). *Ingeniería Sanitaria UTN*.
- Orozco, M. y Rico-Mora, R. (2006). *Bacteriological water quality along the Tijuana-Ensenada, Baja California, México Shoreline*.
- Ortega, L. y Vidal, L. (2008). *Analysis Of The Microbiological Contamination (Total and Fecal coliforms) In The Bay Of Santa Marta, Colombian Caribbean*.
- Palacios, C. (2013). *Distribución de coliformes fecales en el área marina de la costa ecuatoriana en las provincias de Esmeraldas y Manabí*.
- Pascual, A. (2018). *Caracterización bacteriológica y visualización con visual plumas en la descarga del emisario submarino de Gandía en la costa valenciana*.
- Pincay, M. (2022). Contaminación microbiológica por aguas residuales de industrias atuneras asentadas en Manabí. *Revista de Manabí*. <https://revistademanabi.com/2022/03/15/contaminacion-microbiologica-por-aguas-residuales-de-industrias-atuneras-asentadas-en-manabi/>
- Procel, M. y Pilataxi, I. (2019). *Evaluación del grado de contaminación en la zona intermareal de la playa Ballenita, península de Santa Elena, Ecuador*.
- Pucci, G. y Acuña, J. (2013). *Contaminación microbiológica por enterobacterias y coliformes totales de la playa de Stela Maris, Comodoro Rivadavia, Argentina, derivada de los efluentes cloacales*.
- Redondo, M. y Arias, M. (2011). *Comparación de métodos para el análisis de coliformes totales y fecales en muestras de agua mediante la técnica de Número Más Probable (NMP)*.
- Rey, V. y Sánchez, A. (2020). *Spatiotemporal variation in octocoral assemblages along a water quality gradient in the northwestern region of Cuba*.
- Rosenfeld, L., (2004). *Chapter 3. Surfzone bacteria patterns*.
- Sandoval, V. (2016). *Determinación de la influencia de las actividades antropogénicas en la calidad de agua y biota acuática en la microcuenca de la Quebrada Rumiyacu – San Martín*.

- Sandoval, L. (2012). *Lineamientos para determinar la calidad de agua de mar para uso recreativo con contacto primario*. Instituto de Salud Pública de Baja California. Dirección de protección contra riesgos sanitarios.
- Sedlak, D. (2014). *Water 4.0: The past, present, and future of the world's most vital resource*. Yale University Press, p. 352.
- Shuval, H. (2003). *Estimating the global burden of thalassogenic diseases: Human infectious diseases caused by wastewater pollution of the marine environment*. Journal of water and health 1(2): 53-64.
- Shibata, T., Fleisher, J., Solo, H. and Sinigalliano, C. (2010). *Evaluation of conventional and alternative monitoring methods for a recreational marine beach with non-point source of fecal contamination*.
- Trujillo, G. y Guerrero, A. (2015). *Caracterización físico-química y bacteriológica del agua marina en la zona litoral costera de Huanchaco y Huanchaquito, Trujillo, Perú*.
- Tulsma. (2003). *Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria, actualizado 2008*. Corporación de estudios y publicaciones. Ministerio del Ambiente. Decreto ejecutivo 3516, publicado en el registro oficial N° E2 de 31 marzo de 2003.
- Vergaray, G. y Méndez, C. (2007). *Enterococcus y Escherichia coli como indicadores de contaminación fecal en playas costeras de Lima*.
- Villacrés, K. (2017). *Evaluación ambiental a partir de parámetros físico-químicos y microbiológicos de la calidad de agua de mar en playas de Chipipe, cantón Salinas provincia de Santa Elena*.
- Wear, S. (2020). *More than 80% of the world's sewage is discharged into the environment untreated. We can fix this. The Skimmer*.
- Wear, S., and Thurber, R. (2015). *Sewage pollution: Mitigation is key for stewardship*. Ann. of the New York Academy of Sciences 1355: 15-3

ANEXOS

ANEXO 1. REGISTRO FOTOGRÁFICO



1-A: Descarga proveniente de un ducto municipal.



1-B: Descarga proveniente de la red de tuberías de la estación de bombeo Umiña.



1-C: Tuberías clandestinas sobre un talud colindante al área de estudio.



1-D: Descarga cercana junto a la estación de bombeo Umiña.



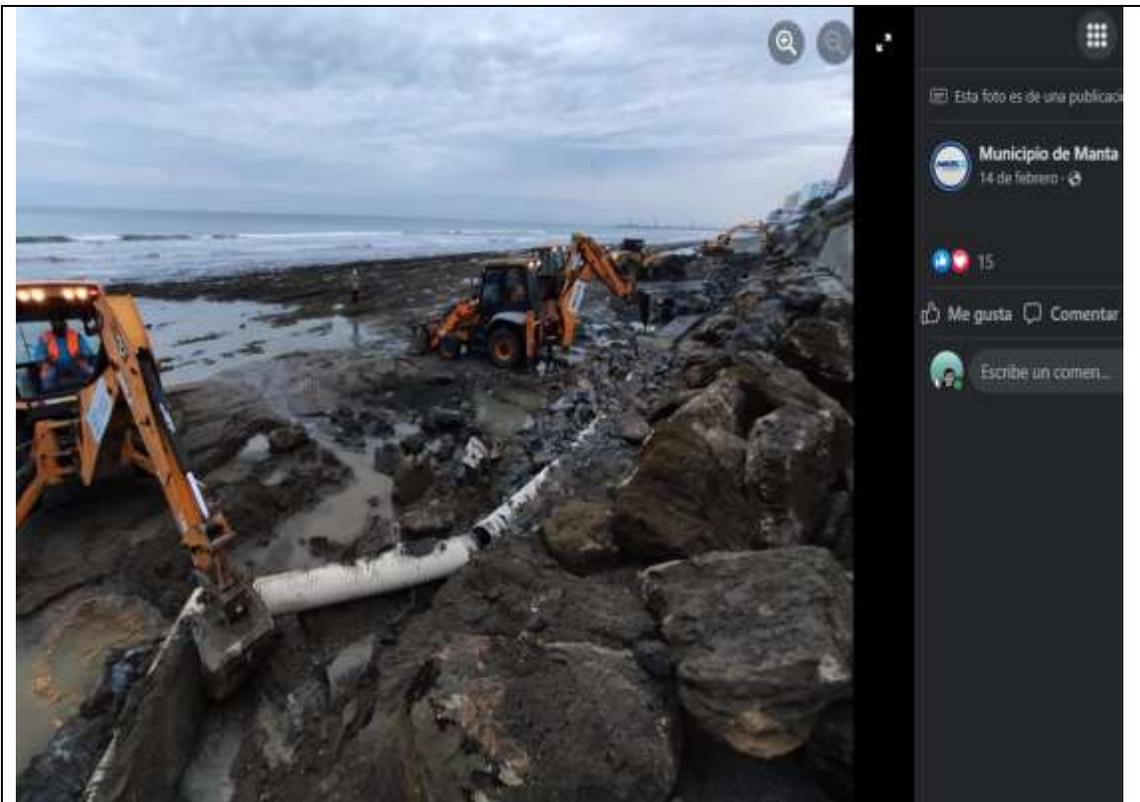
1-E: Tuberías provenientes de infraestructuras privadas.



1-F: Descarga proveniente de la red de tuberías de la estación de bombeo Umiña.



1-G: Inauguración y puesta en marcha de la nueva estación de bombeo de aguas residuales “Centenario”, Fotografía extraída de la red social Facebook del Municipio de Manta.



1-H: Retiro de la línea derecha de tuberías que conectan a la antigua estación de bombeo Umiña. Fotografía extraída de la red social Facebook del Municipio de Manta.



1-I: Toma de muestra del agua marina.



1-J: Aplicación de la metodología de tubos múltiples.



1-K: Eliminación de tuberías clandestinas por parte del GAD



1-L: Equipo Consort C6010 para la medición del pH

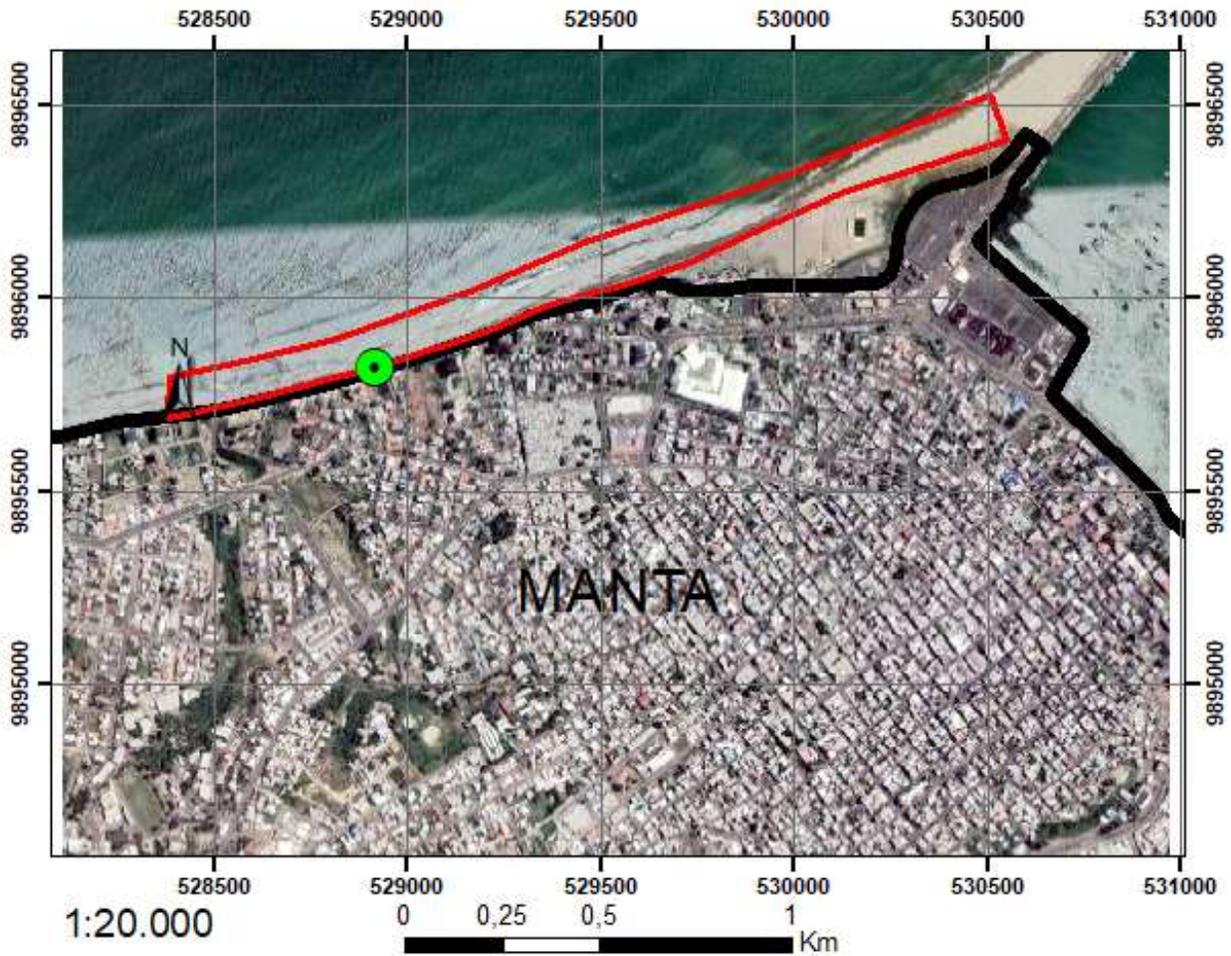
	
1-M: Equipo	1-N: Muestras rotuladas previo a realizar el análisis

TABLA II.- PREDICCIÓN DIARIA DE MAREAS EN EL ECUADOR
MANTA 2022

JULIO						AGOSTO						SEPTIEMBRE					
DIA	HORA	ALT.	DIA	HORA	ALT.	DIA	HORA	ALT.	DIA	HORA	ALT.	DIA	HORA	ALT.	DIA	HORA	ALT.
	h/m	(m)		h/m	(m)		h/m	(m)		h/m	(m)		h/m	(m)		h/m	(m)
1	0522	2.4	16	0538	2.9	1	0606	2.6	16	0030	0.2	1	0030	0.4	16	0123	0.7
VI	1125	0.7	SA	1149	0.4	LU	1213	0.6	MA	0647	2.9	JU	0644	2.6	VI	0730	2.4
	1720	2.4		1750	2.8		1810	2.5		1301	0.4		1258	0.4		1348	0.6
	2337	0.4								1905	2.6		1904	2.4		2005	2.2
2	0557	2.4	17	0008	0.1	2	0022	0.4	17	0113	0.4	2	0108	0.5	17	0208	0.8
SA	1201	0.7	DO	0629	2.9	MA	0641	2.6	MI	0729	2.7	VI	0723	2.6	SA	0814	2.2
	1756	2.4		1240	0.4		1250	0.6		1346	0.5		1340	0.5		1435	0.7
				1841	2.7		1848	2.4		1953	2.4		1950	2.3	☉	2059	2.1
3	0012	0.5	18	0056	0.2	3	0058	0.5	18	0158	0.6	3	0153	0.7	18	0304	1.0
DO	0634	2.4	LU	0718	2.9	MI	0718	2.6	JU	0813	2.5	SA	0809	2.4	DO	0908	2.0
	1239	0.8		1332	0.5		1329	0.6	☉	1432	0.6	☉	1430	0.6		1534	0.9
	1834	2.4		1932	2.6		1930	2.4		2044	2.3		2045	2.2		2205	2.0
4	0049	0.5	19	0145	0.4	4	0137	0.6	19	0248	0.8	4	0248	0.8	19	0415	1.1
LU	0712	2.4	MA	0807	2.7	JU	0758	2.5	VI	0900	2.3	DO	0905	2.3	LU	1019	1.9
	1319	0.8		1424	0.6		1413	0.7		1524	0.8		1532	0.7		1651	1.0
	1915	2.3		2026	2.4		2017	2.3		2142	2.1		2154	2.1		2324	1.9
5	0128	0.6	20	0236	0.6	5	0221	0.7	20	0346	1.0	5	0401	0.9	20	0537	1.1
MA	0753	2.4	MI	0856	2.6	VI	0843	2.4	SA	0955	2.2	LU	1017	2.2	MA	1141	1.9
	1403	0.8	☉	1518	0.7	☉	1504	0.7		1626	0.9		1650	0.7		1809	0.9
	2000	2.3		2124	2.3		2112	2.2		2251	2.0		2316	2.1			
6	0211	0.7	21	0331	0.8	6	0314	0.8	21	0456	1.1	6	0527	0.9	21	0038	2.0
MI	0837	2.4	JU	0948	2.4	SA	0936	2.4	DO	1102	2.1	MA	1141	2.2	MI	0648	1.0
☉	1452	0.8		1636	0.7		1603	0.7		1737	0.9		1813	0.7		1252	2.0
	2052	2.2		2227	2.2		2217	2.1								1911	0.9
7	0259	0.8	22	0431	0.9	7	0420	0.9	22	0006	2.0	7	0038	2.3	22	0134	2.1
JU	0926	2.4	VI	1045	2.3	DO	1040	2.3	LU	0610	1.1	MI	0650	0.8	JU	0743	0.9
	1547	0.8		1717	0.8		1712	0.7		1215	2.0		1300	2.3		1345	2.1
	2150	2.1		2335	2.1		2331	2.2		1845	0.9		1923	0.5		1959	0.8
8	0355	0.8	23	0536	1.0	8	0535	0.9	23	0113	2.1	8	0146	2.4	23	0216	2.3
VI	1019	2.4	SA	1145	2.2	LU	1151	2.4	MA	0716	1.0	JU	0757	0.6	VI	0825	0.8
	1647	0.8		1818	0.8		1824	0.6		1319	2.1		1404	2.5		1428	2.3
	2254	2.1								1942	0.8		2022	0.4		2038	0.6
9	0457	0.8	24	0042	2.1	9	0046	2.3	24	0206	2.2	9	0241	2.7	24	0252	2.4
SA	1118	2.4	DO	0641	1.0	MA	0651	0.8	MI	0809	0.9	VI	0853	0.5	SA	0902	0.7
	1749	0.7		1246	2.2		1303	2.4		1411	2.2		1458	2.7		1504	2.4
				1916	0.7		1931	0.5		2029	0.7		2112	0.2		2133	0.5
10	0001	2.2	25	0141	2.2	10	0153	2.4	25	0249	2.3	10	0329	2.8	25	0325	2.6
DO	0601	0.8	LU	0739	1.0	MI	0759	0.7	JU	0853	0.8	SA	0942	0.3	DO	0936	0.5
	1218	2.5		1341	2.2		1408	2.6		1453	2.3		1546	2.8		1538	2.5
	1849	0.5		2006	0.7		2031	0.3		2108	0.6	☉	2158	0.1	☉	2146	0.4
11	0106	2.3	26	0230	2.2	11	0251	2.6	26	0325	2.4	11	0413	2.9	26	0357	2.7
LU	0705	0.7	MA	0830	0.9	JU	0900	0.5	VI	0930	0.7	DO	1027	0.2	LU	1009	0.4
	1318	2.6		1430	2.3	☉	1505	2.7		1530	2.4		1630	2.8		1612	2.6
	1946	0.4		2051	0.6		2125	0.2		2143	0.5		2241	0.1		2219	0.4
12	0205	2.5	27	0313	2.3	12	0344	2.8	27	0358	2.5	12	0454	3.0	27	0429	2.8
MA	0807	0.6	MI	0913	0.8	VI	0954	0.4	SA	1005	0.6	LU	1108	0.2	MA	1042	0.3
	1417	2.7		1512	2.3		1557	2.8	☉	1604	2.5		1713	2.8		1646	2.7
	2041	0.3		2131	0.5		2215	0.1		2217	0.4		2322	0.2		2253	0.3
13	0301	2.7	28	0350	2.4	13	0433	2.9	28	0430	2.6	13	0534	2.9	28	0502	2.8
MI	0906	0.5	JU	0952	0.8	SA	1044	0.3	DO	1038	0.5	MA	1149	0.2	MI	1116	0.2
	1512	2.8	☉	1550	2.4		1646	2.9		1637	2.6		1755	2.7		1723	2.7
	2135	0.1		2207	0.5		2302	0.0		2249	0.4					2328	0.3
14	0355	2.8	29	0425	2.4	14	0519	3.0	29	0502	2.7	14	0002	0.3	29	0537	2.8
JU	1002	0.4	VI	1029	0.7	DO	1131	0.3	LU	1111	0.5	MI	0612	2.8	JU	1153	0.2
	1606	2.8		1625	2.4		1733	2.9		1711	2.6		1228	0.3		1802	2.6
	2227	0.1		2242	0.4		2346	0.1		2321	0.3		1837	2.6			
15	0447	2.9	30	0458	2.5	15	0604	3.0	30	0534	2.7	15	0042	0.5	30	0006	0.4
VI	1056	0.4	SA	1103	0.7	LU	1217	0.3	MA	1145	0.4	JU	0650	2.6	VI	0615	2.7
	1658	2.9		1700	2.5		1819	2.8		1746	2.6		1307	0.4		1232	0.3
	2318	0.0		2315	0.4					2355	0.4		1920	2.4		1844	2.5
			31	0532	2.6				31	0608	2.7						
			DO	1137	0.6				MI	1220	0.4						
				1734	2.5					1823	2.5						
				2348	0.4												

HUSO HORARIO + 5

MAPA DE UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO



UBICACIÓN NACIONAL



UBICACIÓN PROVINCIAL



Legenda

-  Estación Umiña
-  Playa El Murciélago
-  Manta

TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA: CONTAMINACIÓN POR COLIFORMES FECALES DEBIDO AL VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA PLAYA EL MURCIÉLAGO, MANTA-MANABÍ

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ

ELABORADO POR: YULIO LOOR BARREZUETA

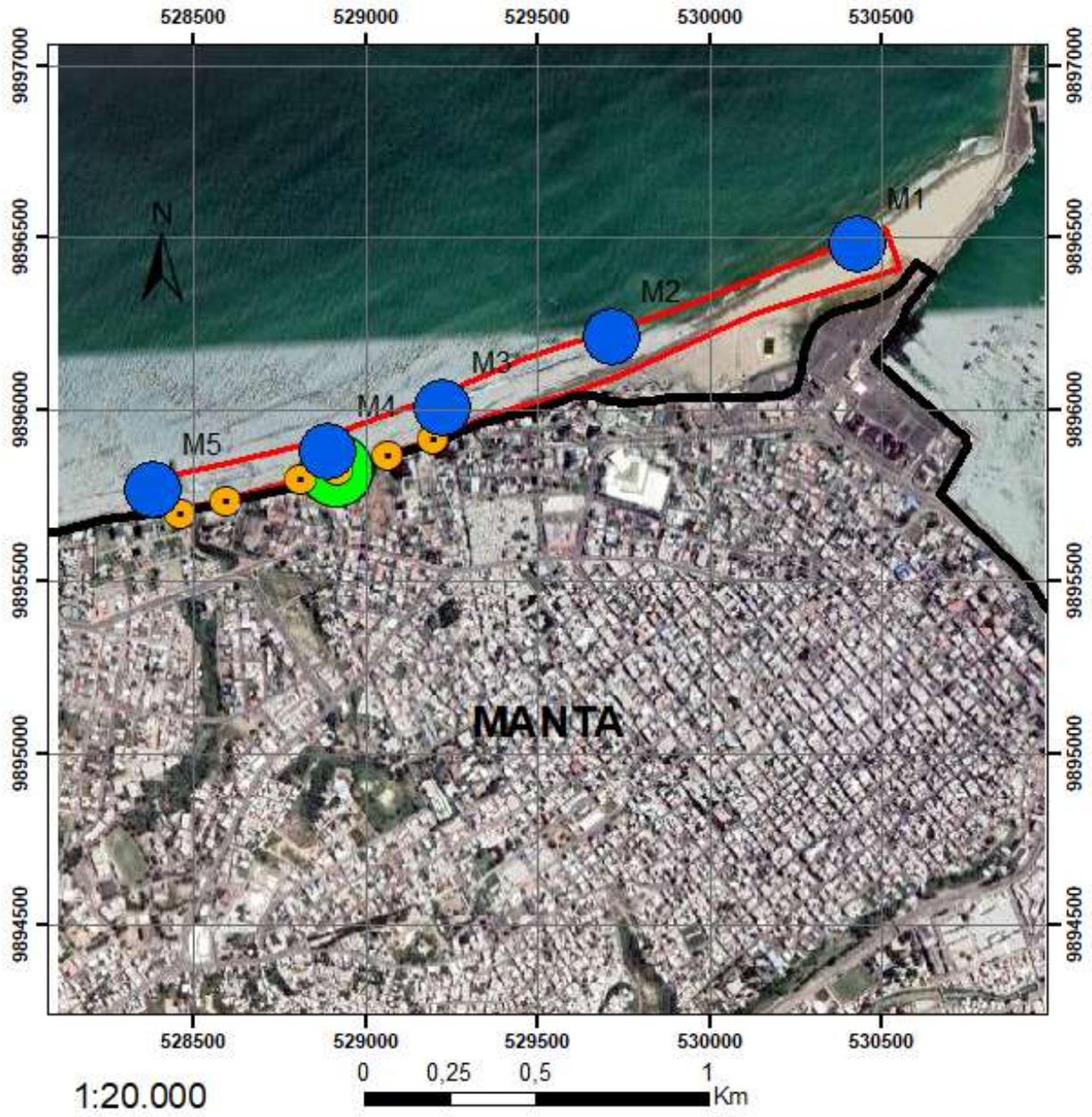
TUTOR: ING. CARLOS BANCHÓN BAJAÑA M. Sc.

FECHA:
OCTUBRE / 2022

ESCALA: INDICADA
EN FORMATO A4

PROYECCIÓN: UTM
ZONA: 17M
DATUM: WGS84

MAPA DE UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MONITOREO Y VERTIDOS IDENTIFICADOS



Leyenda

- Puntos de muestreo
- Vertidos
- Estacion Umiña
- Playa El Murciélago

COORDENADAS DE LOS SITIOS DE MUESTREO

MUESTRA 1 (M1)	530428,55	9896479,92
MUESTRA 2 (M2)	529718,09	9896209,65
MUESTRA 3 (M3)	529222,86	9896002,49
MUESTRA 4 (M4)	528809,48	9895874,65
MUESTRA 5 (M5)	528382,93	9895766,22

FECHA:
OCTUBRE / 2022

PROYECCIÓN: UTM
ZONA: 17M
DATUM: WGS84

ESCALA: INDICADA EN
FORMATO A4

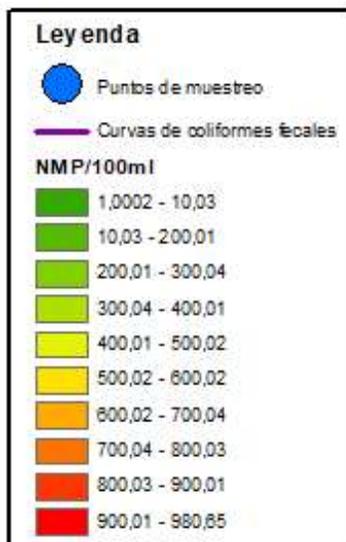
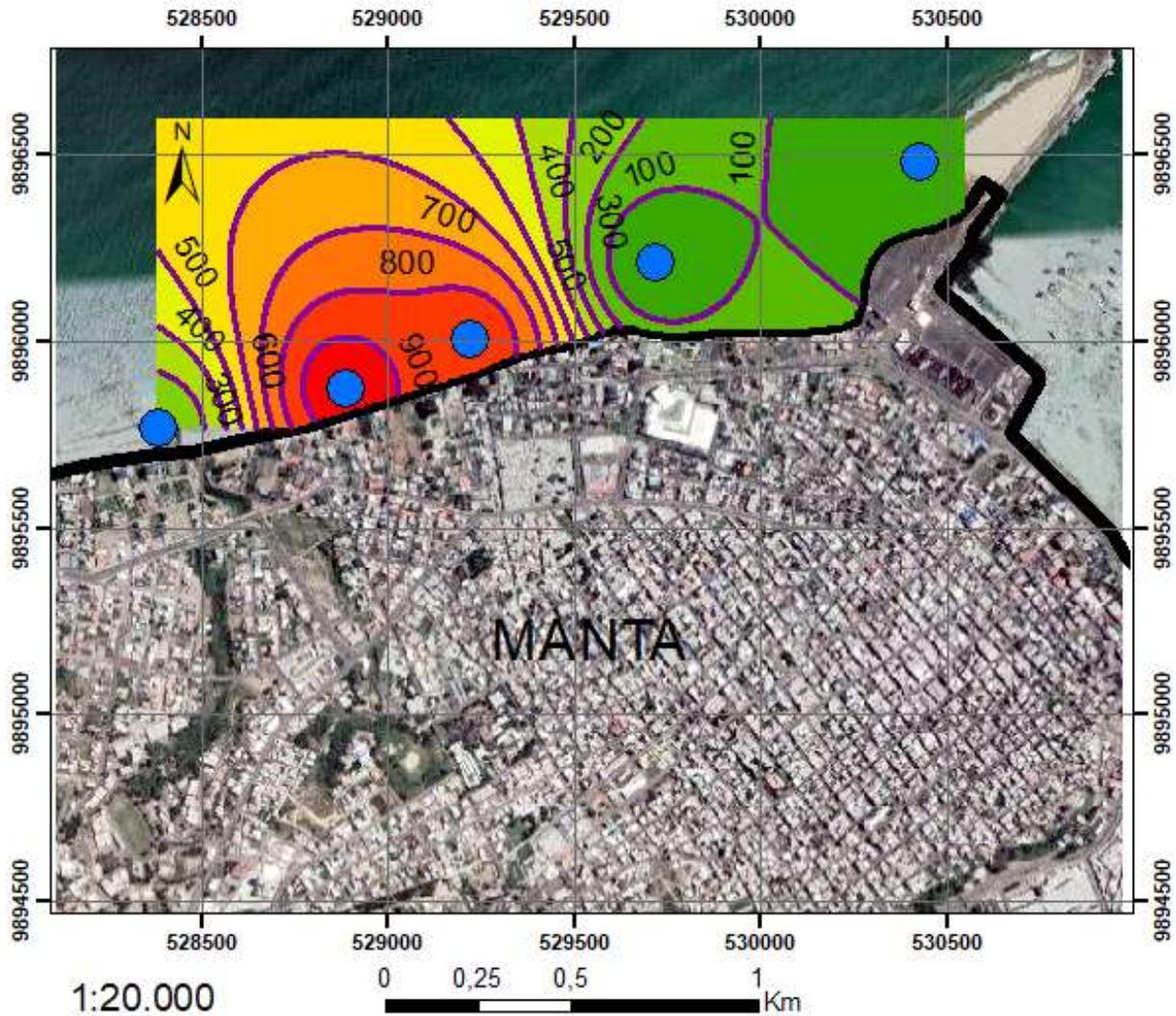
TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA: CONTAMINACIÓN POR COLIFORMES FECALES DEBIDO AL VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA PLAYA EL MURCIÉLAGO, MANTA-MANABÍ

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ

ELABORADO POR: YULIO LOOR BARREZUETA
TUTOR: ING. CARLOS BANCHÓN BAJAÑA M. Sc.

MAPA DE INTERPOLACIÓN DE COLIFORMES FECALES EN PLAYA EL MURCIÉLAGO, MANTA (Semana 1)



TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA: CONTAMINACIÓN POR COLIFORMES FECALES DEBIDO AL VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA PLAYA EL MURCIÉLAGO, MANTA-MANABÍ

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ

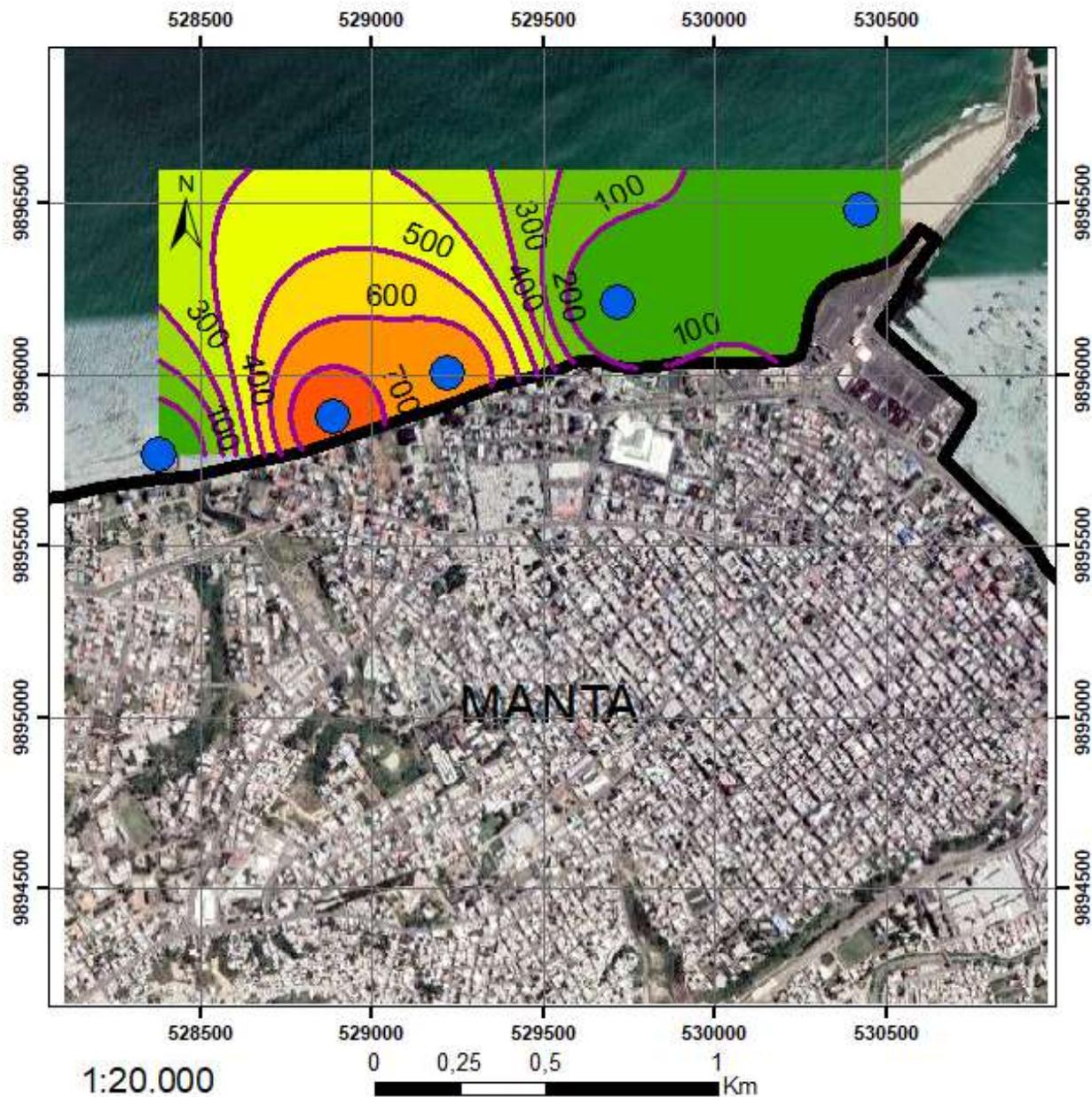
ELABORADO POR: YULIO LOOR BARREZUETA
TUTOR: ING. CARLOS BANCHÓN BAJAÑA M. Sc.

FECHA:
OCTUBRE / 2022

ESCALA: INDICADA EN
FORMATO A4

PROYECCIÓN: UTM
ZONA: 17M
DATUM: WGS84

MAPA DE INTERPOLACIÓN DE COLIFORMES FECALES EN PLAYA EL MURCIÉLAGO, MANTA (Semana 2)



Leyenda

-  Puntos de muestreo
 -  Curvas de coliformes fecales
- NMP/100ml**
-  1,000 - 10,01
 -  10,01 - 200,00
 -  200,00 - 300,02
 -  300,02 - 400,01
 -  400,01 - 500,02
 -  500,02 - 600,01
 -  600,01 - 700,03
 -  700,03 - 787,31

TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA: CONTAMINACIÓN POR COLIFORMES FECALES DEBIDO AL VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA PLAYA EL MURCIÉLAGO, MANTA-MANABÍ

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ

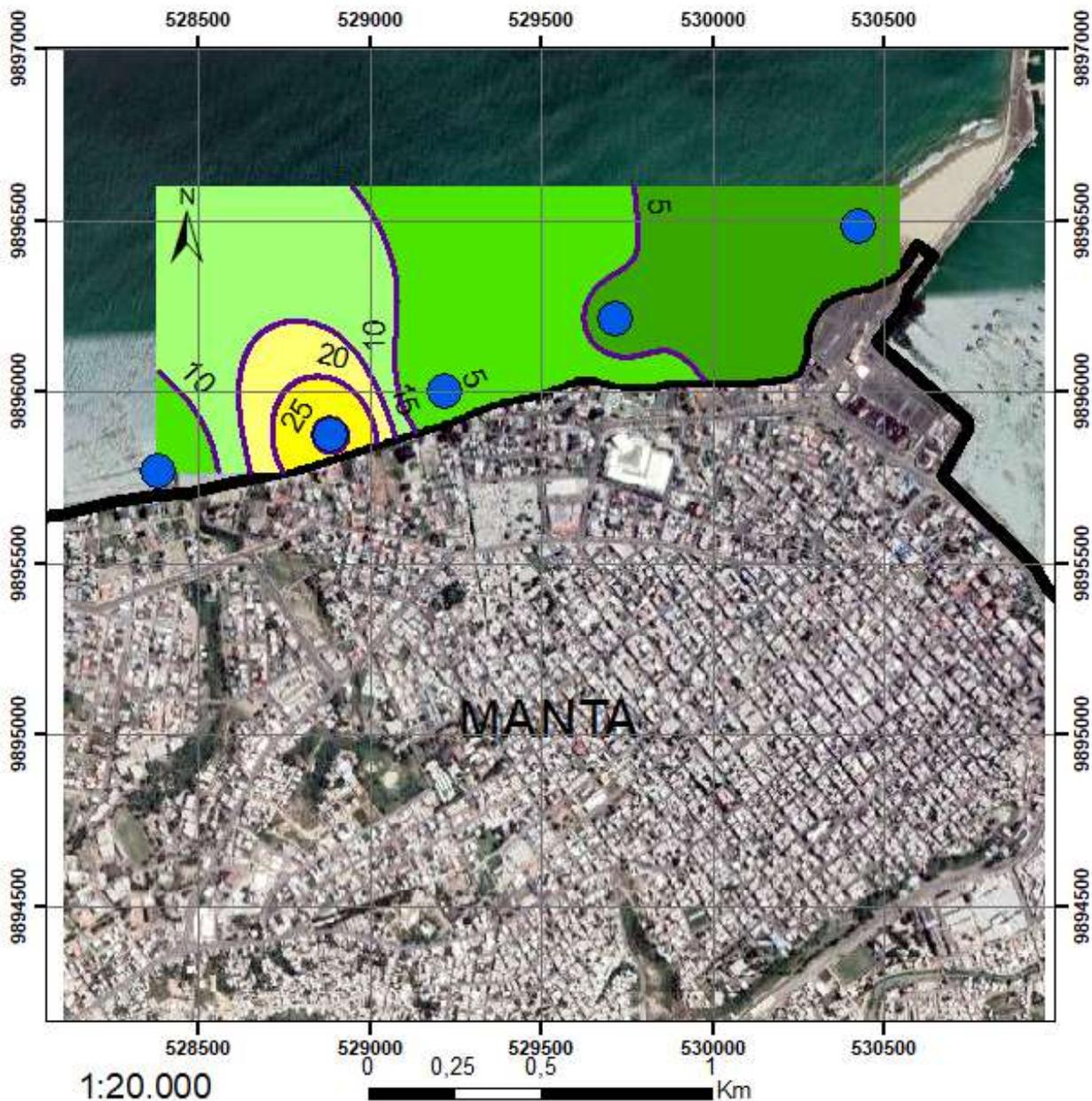
ELABORADO POR: YULIO LOOR BARREZUETA
TUTOR: ING. CARLOS BANCHÓN BAJAÑA M. Sc.

FECHA:
OCTUBRE / 2022

ESCALA: INDICADA EN
FORMATO A4

PROYECCIÓN: UTM
ZONA: 17M
DATUM: WGS84

MAPA DE INTERPOLACIÓN DE COLIFORMES FECALES EN PLAYA EL MURCIÉLAGO, MANTA (Semana 3)



Leyenda

-  Puntos de muestreo
 -  Curvas de coliformes fecales
- NMP/100 ml**
-  1,00 - 5,00
 -  5,00 - 10,01
 -  10,01 - 15,00
 -  15,00 - 20,00
 -  20,00 - 25,00

TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA: CONTAMINACIÓN POR COLIFORMES FECALES DEBIDO AL VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA PLAYA EL MURCIÉLAGO, MANTA-MANABI

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABI

ELABORADO POR: YULIO LOOR BARREZUETA
TUTOR: ING. CARLOS BANCHÓN BAJAÑA M. Sc.

FECHA:
OCTUBRE / 2022

ESCALA: INDICADA EN
FORMATO A4

PROYECCIÓN: UTM
ZONA: 17M
DATUM: WGS84