



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
CARRERA DE BIOLOGÍA**

TEMA:

ESTUDIO PRELIMINAR DE COLIFORMES TOTALES Y *ESCHERICHIA COLI* EN EL BALNEARIO AYANGUE, PARROQUIA COLONCHE, PROVINCIA SANTA ELENA.

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previa la obtención del título de:

BIÓLOGO

AUTORA:

Genesis Nicole Velasco Quintero

DOCENTE PROPONENTE:

Blga. María Herminia Cornejo Rodríguez. PhD

LA LIBERTAD – ECUADOR

2023

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR

CARRERA DE BIOLOGÍA

TEMA:

ESTUDIO PRELIMINAR DE COLIFORMES TOTALES Y *ESCHERICHIA COLI* EN EL BALNEARIO AYANGUE, PARROQUIA COLONCHE, PROVINCIA SANTA ELENA.

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previa la obtención del título de:

BIÓLOGO

AUTORA:

Genesis Nicole Velasco Quintero

DOCENTE PROPONENTE:

Blga. María Herminia Cornejo Rodríguez. PhD

LA LIBERTAD – ECUADOR

2023

DEDICATORIA

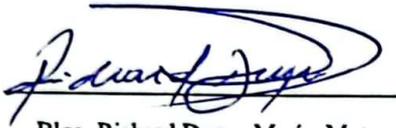
El esfuerzo y empeño puesto en este trabajo de investigación se lo dedico a mi madre Raquel Velasco, este logro es compartido, porque ante cada problema en el camino, no solo de este proyecto, sino de toda la carrera universitaria, es tuvo allí siendo perseverante y creyendo en mí incluso más que yo misma, por ser optimista hasta el final y creer en mis capacidades recordándome constantemente lo que tenía para ofrecer, espero disfrutes la lectura de este trabajo tanto como yo.

AGRADECIMIENTO

Primero quiero dar las gracias a mi tutora por todas sus enseñanzas, por la paciencia, y por sumergirse amablemente en este proyecto y por consecuente a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, la Facultad de Ciencias del Mar me dejó muchas buenas y grandes enseñanzas, y todas ellas me llevaron a este momento.

También quiero agradecer a la Blga. Josselyn Panimboza y al Blgo. Wilfrido Lucero por todos sus consejos, opiniones y ánimos durante este proceso, siempre dispuestos a brindarme su ayuda cuando tuve dificultades.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Blgo. Richard Duque Marín, Mgt.

**DECANO DE LA FACULTAD
DE CIENCIAS DEL MAR**



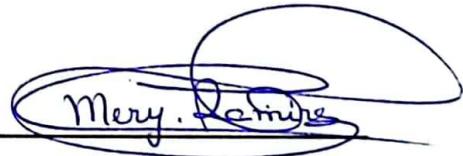
Ing. Jimmy Villón Moreno M.Sc.

**DIRECTOR DE LA
CARRERA DE BIOLOGÍA**



Blga. Maria Herminia Cornejo Rodríguez Ph.D.

DOCENTE TUTOR



Q.F. Mary Ramirez Muñoz, Mgt.

DOCENTE DE ÁREA



Ab. María Rivera González, Mgt.

SECRETARIA GENERAL -PROCURADORA

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad por la idea y resultados expuestos en este trabajo de integración curricular me corresponden exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Estatal Península de Santa Elena.



Genesis Nicole Velasco Quintero
C.I. 1726494956

RESUMEN

El acrecentamiento poblacional en el planeta ha derivado en la elevación del índice de contaminación, viéndose un aumento del requerimiento del recurso hídrico que ha provocado la extensión de fuentes contaminantes en estos sitios. A nivel mundial se ha determinado que tanto *Escherichia coli* como coliformes totales son los principales indicadores de contaminación hídrica, por eso se planteó determinar la presencia y concentración de estas bacterias en muestras de agua en la bahía de Ayangué estimado a través de cultivos en placas de Compact Dry y verificar si estos niveles tienen que ver con toda la actividad antropogénicas de la zona, para lo que se realizaron muestreos en 10 estaciones de la bahía, identificadas con coordenadas del sitio obtenidas de Handy GPS, las muestras fueron recolectadas en frascos estériles de 100 ml, en marea alta y baja, luego fueron llevadas a laboratorio para el respectivo análisis, se tomó también la temperatura y el pH para relacionarlos con la incidencia de bacterias. Como resultado, se encontraron niveles elevados de CT con un promedio de 11769.74 UFC/ml en marea alta y 2225.92 UFC/ml en marea baja, con mayor concentración en el punto uno con 6514.79 UFC/ml y menor concentración en el punto seis con 1994.83 UFC/ml, y de *E. coli* se registró un promedio de 171.08 UFC/ml en marea alta y 44.3 UFC/ml en marea baja, de concentración mayor en el punto uno con 144.33 UFC/ml y menor concentración en el punto cinco con 36.62 UFC/ml; considerando que la temperatura osciló entre los 27.5° y 30°C y el pH varió entre 6.54 y 7.18 fluctuando de ácido a alcalino. La cantidad de desechos orgánicos e inorgánicos corroboran la actividad antropogénica en el daño al cuerpo de agua y se puede considerar el recambio de agua de la bahía como lo suficientemente eficiente para mitigar los niveles bacteriológicos del agua, por lo mismo se recomienda que se realice un estudio a nivel de la franja costera, para saber cómo están afectando a ese nivel del mar estos microorganismos, considerando también la influencia de las corrientes.

Palabras clave: *Escherichia coli*, coliformes totales, Compact Dry, actividad antropogénica.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. JUSTIFICACIÓN.....	4
3. OBJETIVOS.....	6
3.1. Objetivo General	6
3.2. Objetivos Específicos	6
4. HIPÓTESIS	6
5. MARCO TEÓRICO	7
5.1 Calidad del recurso hídrico	7
5.2 Región de investigación	7
5.3 Coliformes totales	9
5.4 Escherichia coli	12
5.5 Determinación patógena.....	14
5.6 Compact dry	15
6. MARCO METODOLÓGICO.....	17
6.1 Ubicación y descripción del sitio de estudio.....	17
6.2 Fase de campo	17
6.2.1 Recolecta de muestras	18
6.2.2 Toma de parámetros	18
6.3 Fase de laboratorio	19
7. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	21
7.1 Mayor concentración de microorganismos bacteriológicos UFC totales.....	21
7.2 Mayor concentración de microorganismos bacteriológicos UFC E. coli.....	22
7.3 Actividad antropogénica como factor contaminante.....	22
7.4 Contraste de concentraciones en condición de mareas.	23
7.5 Variación por día de la UFC	24
8. DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	26
8.1 Discusión.....	26
8.2 Conclusiones	29
8.3 Recomendaciones.....	29
9. BIBLIOGRAFÍA:.....	31
10. ANEXOS	34
ANEXO 2.....	37
ANEXO 3.....	42
Variables ambientales	42
Temperatura	42
pH.....	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.Climograma de Ayangue, 2021	8
Figura 2: Ubicación del balneario de Ayangue y División política de la parroquia Colonche, Santa Elena.....	17
Tabla 1: Coordenadas geográficas de las estaciones de muestreo	18
Figura 3: Placas de CompacyDry y tubos rotulados dentro de la cámara de microbiología.....	19
Figura 4: Siembra de <i>E. coli</i> en placas de Compact Dry	20
Figura 5: Conteo de las colonias de CT con ayuda del contador de colonias	20
Figura 7. Comparación de la concentración de <i>E. coli</i> en los puntos de muestreo.	22
Figura 8:Comparación entre la concentración de coliformes totales registrados durante marea baja y alta.....	23
Figura 9: Comparación entre la concentración de <i>E. coli</i> registrados durante marea baja y alta.	24
Figura 10: Distribución temporal de UFC totales y <i>E coli</i>	25
Tabla 2: Registro de las concentraciones de CT y <i>E. coli</i> las dos primeras semanas de muestreo, mes de Mayo.	35
Tabla 3: Registro de las concentraciones de CT y <i>E. coli</i> las dos segundas semanas de muestreo, mes de Junio.	36
Figura 12: Toma ex situ del pH.....	37
Figura 13:Autoclavado de los frascos para muestras en las instalaciones de UPSE, en CIPBA.....	37
Figura 11: b) Toma de muestra en P7	37
Figura 14: Capturas de la toma de coordenadas con Handy GPS.....	38
Figura 15: a), b) y c) dilución 10^{-2} para CT.....	38
Figura 16: Nylon de pescar en zona rocosa, al subir la marea se lo podría llevar con facilidad la corriente. Martes 09/05/2023.	39
Figura 17: Basura siendo arrastrada con las olas. Domingo 14/05/2023.....	39

Figura 18: Desecho líquido de una propiedad elevada en la bahía que cae directamente al mar. Domingo 14/05/2023.....	39
Figura 19: Desechos dejados en la zona rocosa por los visitantes.....	40
Figura 20: Basura en el mar. Domingo 11/06/2023	40
Figura 21: Basura en la orilla de la playa. Viernes 23/06/2023	40
Figura 22:Contaminación por basura en el mar. Domingo 25/06/2023	41
Figura 23: Placas de Compact Dry inoculadas después del conteo.	41
Figura 24: Variación de la temperatura para la zona de estudio	42
Figura 25: Niveles de pH registrados durante el periodo de estudio.....	43
Figura 26: Variables ambientales en relación UFC totales pH.....	43
Figura 27: Variables ambientales en relación a UFC temperatura.....	44
Figura 28: Variables ambientales en relación a UFC <i>E. coli</i>, pH	44
Figura 29: Variables ambientales en relación a UFC <i>E. coli</i>, temperatura	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Coordenadas geográficas de las estaciones de muestreo.....	18
Tabla 2: Registro de las concentraciones de CT y <i>E. coli</i> las dos primeras semanas de muestreo, mes de Mayo.....	35
Tabla 3: Registro de las concentraciones de CT y <i>E. coli</i> las dos segundas semanas de muestreo, mes de Junio.....	36

ABREVIATURAS

CT: Coliformes totales

E. coli: *Escherichia coli*

NMP: Número más probable

LMP: Límite máximo permisible

UFC: Unidades formadoras de colonias

ul: microlitro

1. INTRODUCCIÓN

El acrecentamiento poblacional en el planeta ha derivado en la elevación del índice de contaminación, viéndose un aumento del requerimiento del recurso hídrico que ha provocado la extensión de fuentes contaminantes en estos sitios. Así, un primordial referente contaminante es el agua costera; esto se debe a que constantemente es visitada por veraneantes que a propósito o por distracción depositan desechos en sus alrededores y su infraestructura se torna insuficiente (Huayanay & Aldoradin, 2022). Es por ello que se idean comúnmente múltiples procesos a fin de optimizar el recurso hídrico.

Los procesos geoquímicos como meteorización, disolución, hidrólisis e intercambio iónico, así como las reacciones bioquímicas son factores de control importantes para la química del agua. La evaluación de cuantificaciones fisicoquímicas como pH, conductividad eléctrica, consistentes diluidos totales y alcalinidad generalmente se considera para establecer pautas y categorizar la calidad fisicoquímica de la misma. Por su parte, en análisis microbiológicos, determinación de bacterias indicadoras como *Escherichia coli*, coliformes totales y *Enterococcus* comúnmente se realizan para justipreciar la contingencia de contaminación fecal y calificar aquella fuente para uso potable (Plúas & Pozo, 2020).

Respecto a esta última categoría, a nivel mundial se ha determinado que tanto *E. Coli* como coliformes totales son los principales indicadores de contaminación hídrica, relativamente en aguas costeras (Huayanay & Aldoradin, 2022). Además, estudios enfocados sobre América Latina han demostrado que alrededor del 40% corresponde al índice porcentual de fuentes contaminantes de origen microbiológico sobre las fuentes acuíferas (Mejía & Zelada, 2021).

Es así que Ecuador también se encuentra expuesto a esta problemática sanitaria, puesto que contiene una amplia diversidad de fuentes donde subyacen aguas costeras. Para ello, Pino y Barros (2021) indicaron que en la zona ecuatorial, las playas concernientes a su región litoral se encuentran continuamente contaminadas a causa de distintas accionares

humanas y contaminación fecal; sin embargo, esta condición se agrava al conjugarse con contextos como exigua subestructura de saneamiento e improcedentes circunstancias higiénico–sanitarias.

Asimismo, a partir de la visualización local, la Bahía de Ayangue (correspondiente a Santa Elena) se ha tornado en uno de aquellos cuerpos de agua mayormente contaminados en la zona costera del país; los agentes causales refieren a la descarga indistinta de residuos sólidos de origen industrial y comunitario, donde las de tipología doméstica han reportado un mayor porcentual en el impacto contaminante. En esta instancia, aunque no se dispone de suficiente información sobre los microorganismos contaminantes más concurridos; estudios anexos sobre otras playas de la región han indicado que los coliformes totales y *E. coli* corresponden a aquellos que usualmente se exhiben en los análisis respectivos (Pino & Barros, 2021).

A saber, los coliformes son uno de los grupos más grandes de bacterias evidentes en el agua contaminada con heces, estos prosperan como comensales en el intestino de aquellos animales de sangre caliente y pasan indefinidamente al medio ambiente a través de sus heces. Por otra parte, la *Escherichia coli* es un bacilo gran negativo, causante de diversificadas enfermedades diarreicas, incluidas la diarrea del viajero y la disentería. Debido a su elevado índice e inoportuno manejo clínico a causa de la automedicación propiciada por los usuarios previos a un diagnóstico, existe una preocupación cada vez mayor con respecto a la prevalencia de la resistencia a múltiples fármacos, lo que hace que la terapia con antibióticos sea incompetente.

Por lo tanto, esta indagación se enfoca en estos dos microorganismos y su concerniente análisis efectuado por Compact Dry, metodología aplicada en pruebas microbiológicas llevadas a cabo en contextos de laboratorios de alimentos y agua ya que se refiere a un cultivo seco enfocado en el recuento de bacterias en materia prima, productos alimenticios, cosméticos, entre otros. Esta base microbiológica es altamente utilizada

debido a que detecta la enzima β -galactosidasa referente a coliformes y la β -glucoronidasa sobre *E. coli* (Freire, 2021).

Siendo así, esta base informativa expone la relevancia que se adjudica el análisis de estos microorganismos bacteriológicos en las fuentes de agua de la Bahía de Ayangue, pues permitirá conocer su incidencia y rango de peligrosidad a fin de especificar las medidas necesarias para su manejo y cuidado del estado de bienestar de la comunidad. Para ello, este estudio conserva como propósito primordial determinar los coliformes totales y *Escherichia coli* mediante el aplicativo Compact Dry que indique su concurrencia en la Bahía de Ayangue, Parroquia Colonche, Provincia Santa Elena.

2. JUSTIFICACIÓN

La contaminación originada por microorganismos como las bacterias, que han sido en los análisis de las muestras tomadas en la bahía de Ayangue parece proceder directamente de todos los desechos líquidos y sólidos que se producen y que se depositan en el mar, causando daño al ecosistema marino. Esta es una situación preocupante debido a que en el sector turístico puede tener repercusiones en la salud, manifestándose en enfermedades gastrointestinales y/o en la piel, y desconocer de donde provienen las mismas o atribuir a otros factores ajenos a la zona, puede llevarlos a incurrir en el mismo sitio sin tener las debidas precauciones. Más aún teniendo en cuenta que no se considera que exista una afluencia tan grande de los bañistas, siendo está una consecuencia del problema.

El área estudiada en esta investigación pertenece a la provincia de Santa Elena y forma parte del perfil costero del Ecuador. Está rodeada de viviendas cuyos habitantes sumados a los turistas y los laboratorios cercanos del área, contribuyen sobre el cúmulo de contaminantes que se encuentran en el mar. Hay que recordar que la calidad microbiológica es una medida para determinar en qué situación se encuentra el agua al relacionarse con su impacto en especies marinas y en el ser humano (Huaman, Lucen, Paredes y Changanaqui, 2020).

Para realizar una evaluación de la calidad del agua, normalmente se utilizan modelos de valoración relacionados con la seguridad del contacto humano, agua potable y la salud de los ecosistemas. En varias investigaciones se ha señalado que se puede encontrar impurezas, una amplia variedad de microorganismos e incluso la presencia de patógenos en los cuerpos de agua, ya sea agua superficial o agua subterránea.

Se ha manifestado también que los microorganismos fecales se encuentran con mucha frecuencia en aguas costeras, especialmente las bacterias coliformes totales y *Escherichia coli*, las cuales, como ya se mencionó anteriormente, pueden ser utilizadas como indicadores de la calidad del agua. De esta forma es posible determinar la existencia de deterioro por contaminación fecal en el agua, lo cual indica que la

detección de este grupo de microorganismos es una señal de la potencial presencia de organismos enteropatógenos, que pueden afectar al ser humano.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

Determinar la presencia y concentración de Coliformes Totales y *Escherichia coli* en muestras de agua obtenidas en la bahía de Ayangue, estimado a través de cultivos en placas de Compact Dry EC indicando el nivel de contaminación en el que se encuentra el cuerpo de agua.

3.2. Objetivos Específicos

- Definir los puntos de la bahía de Ayangue con mayor concentración de microorganismos para discernir qué sectores están más afectados.
- Comprobar a través de los resultados de los análisis microbiológicos y de la revisión visual del área de estudio, si la contaminación proviene de la actividad antropogénica de la zona.
- Realizar un contraste de las concentraciones de microorganismos en condición de marea baja y alta.

4. HIPÓTESIS

H: Las estaciones con mayor afluencia turística, fueron las estaciones con mayor presencia de Coliformes Totales y *Escherichia coli*, siendo estas: P1, P6 y P7 respectivamente, coincidiendo los altos niveles obtenidos con los focos específicos de contaminación.

5. MARCO TEÓRICO

5.1 Calidad del recurso hídrico

En el planeta, la acción contaminante de zonas acuíferas deriva regularmente en la de función inducida con enfermedades gastrointestinales; donde las más habituales comprenden diarrea, disentería, cólera y fiebre tifoidea. Las naciones en rutas de progreso y subdesarrollados se exhiben como mayormente afectados causa de la disposición reducida de agua potable en conjunto con el déficit de referentes oportunos de atención sanitaria (Salas & Maraver, 2020). La creciente incidencia de resistencia a los antibióticos entre los patógenos transmitidos por el agua también está agravando el problema.

5.2 Región de investigación

Entiéndase por Bahía de Ayangue a una proporción comunal correspondiente a la provincia de Santa Elena, esta región costera se localiza próxima a Guayaquil (120 Km. oscilantes). Se le ha adjudicado dos referentes particulares basados en su estructura; el primero la define como bahía debido a que manifiesta una forma de U a la vez que contiene riscos y vegetación endémica, y el segundo la estima como “La piscina del Pacífico” ya que dispone de corrientes acuíferas apacibles (Lemoine & Hernández, 2020).

Su entorno geográfico la delimita al norte con la comuna San Pedro, mientras que al sur se halla la comuna Palmar; en el este se localiza la parroquia y cordillera Colonche, en tanto que al oeste se ubica el Océano Pacífico. Debido a su localización, dispone de clima seco semiárido y su temperatura estándar anual oscila por los 24 grados centígrados.

Sin embargo, también dispone de variaciones, considerando como rango máximo al nivel de 26°C entre los lapsos de febrero y agosto (Lemoine & Hernández, 2020). De tal

manera, para el análisis determinante se ha seleccionado el corresponsal geográfico de la Bahía de Ayangué, referente a Colonche, provincia Santa Elena.

5.2.1 Análisis de territorio acuífero costero

Las corrientes acuáticas del sector analizado se distinguen por tranquilas y poseer comúnmente una climatización cálida (Lemoine & Hernández, 2020), por lo que es considerado BWh (desértico cálido, con temperaturas sobre verano que se tornan excesivamente crecientes) en concordancia con la categorización climática de Köppen-Geiger (Figura 1).

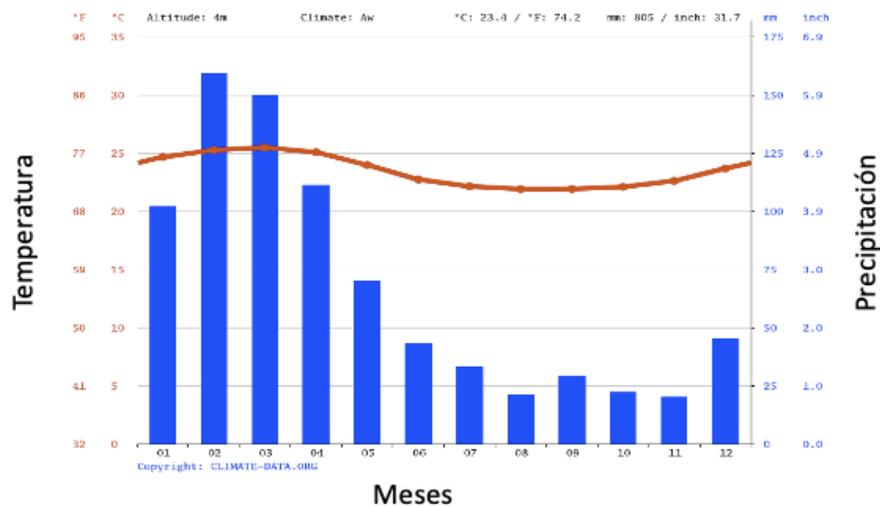


Figura 1. Climograma de Ayangué, 2021

Fuente: climate-data.org

En lo que respecta a la infraestructura acuífera se puede decir que Ayangué se destaca por contar con el 85% de prestación de alcantarillado sanitario, lo que se deriva en que al menos un 15% de población aún no dispone de dicho servicio (Cárdenas & Triviño, 2018). Por otra parte, la cuantificación territorial de la playa se estima que bordea los 1000m de extensión longitudinal y unos 100 m de anchura.

Es distinguida como una bahía cerrada que alberga múltiples embarcaciones de pescadores, además de disponer de espacio para los yates de individuos que optan por el ofrecimiento de servicios acuáticos. En este contexto, el territorio complejo de la playa dispone de una serie de establecimientos que proporcionan una amplia gama de servicios a los turistas, tales como; camping, refectorios, sitios de cocteles, batidos y néctares, tiendas, y puestos de artesanías, en conjunto con hoteles próximos.

Esto deriva en la constante visita a causa de los viajeros, esta situación se complementa con factores contaminantes que han contribuido a la modificación de las corrientes acuíferas; por ende, es conocido que las agua se tornan turbias en amplia proporción (Lemoine & Hernández, 2020).

5.3 Coliformes totales

Esta agrupación integrada por bacterias coliformes, es catalogada como bacterias gran negativas con una configuración similar a bastoncillos que no forman esporas y que son móviles o inmóviles, por lo que podrían fermentar lactosa mediante la realización de ácido y gas en el transcurso donde se torna la incubación a 35–37 °C. Así también, simbolizan la utilidad concurrente del estado sanitario de alimentos conjuntamente con agua (Cortez & Santa, 2019).

Además, tales estructuras pueden hallarse en un entorno acuático así como en suelos y vegetaciones; si bien los coliformes por sí mismos normalmente no constituyen en causales de patologías graves, son hacederos de cultivar y su configuración se usa sobre la indicación referente a que organismos patógenos excluyentes de disposición fecal pueden manifestarse (Freire, 2021). Dicho esto, comprenden a aquella agrupación de bacterias anexas que no resultan dañinas para los individuos.

Por su parte, una amplitud diversa de microorganismos bacterianos, parásitos y virulentos, podrían primordialmente derivar en problemáticas sanitarias si una persona

los ingeriese. Es por ello que actualmente se estima que los coliformes son una tipología indicadora rentable de patógenos eferentes para el agua potable. Dicho esto, son usados para la determinación de la competitividad del procedimiento del agua junto con la probidad del régimen de repartición. Estas agrupaciones son muy receptivas a los genes de resistencia a los medicamentos y también los propagan fácilmente a otros patógenos que prevalecen en las inmediaciones, por lo que representan un potente peligro para la salud (Plúas & Pozo, 2020).

En Ecuador, los rangos permisibles de coliformes totales sobre el contexto de aguas costeras son indicados en concordancia con las ordenaciones ambientales. Dependiendo de la preceptiva dominante, las demarcaciones aceptables para aguas consignadas al contacto primario, como playas y áreas recreativas, son de 4×10^3 NMP/ml (Plúas & Pozo, 2020). Por lo tanto, el monitoreo regular de los niveles de coliformes en el medio ambiente brinda información sobre el estado de la potabilidad del agua, advierte la incidencia previa de varios problemas de salud pública y allana el camino para diseñar medidas correctivas.

El grupo de coliformes se subdivide en totales y fecales, en tanto que el resultante incluye tanto los intermedios del suelo como las maneras fecales; es así que los coliformes fecales se limitan a los de origen fecal, utilizados como indicadores microbianos estándar de la calidad del agua desde 1920 (Freire, 2021). Entonces, los agentes como *E. coli*, *Klebsiella* y *Enterobacter* residen sobre el tránsito intestinal de animales. A partir de aquello, la utilización del análisis bacteriológico de coliformes destinadas a los experimentos de potabilidad del agua se encumbra hacia 1880 cuando Von Fritsch encontró *Klebsiella pneumoniae* y *K. rhinoscleromatis* en heces humanas (Caro & Tobar, 2020). No obstante, en la contemporaneidad se ha indicado que los coliformes no se tornan como indicadores perfectos respecto a la evidencia realista o viable de colectividades perjudiciales.

Por ende, algunos organismos productores de enfermedades, especialmente los protozoos como *Giardia* y *Cryptosporidium*, son capaces de resistir el tratamiento que mata a los coliformes totales. Estos dos protozoos se encuentran a menudo en las aguas

superficiales (los principales portadores de estos organismos) contaminadas por aguas residuales humanas o animales salvajes. Sin embargo, para la mayoría de los PWS esto no es una amenaza significativa ya que la mayoría de los PWS obtienen el agua de pozos en lugar de fuentes de agua superficial como ríos y lagos. Para aquellos que usan agua superficial, una combinación de coagulación, filtración y desinfección ha tenido éxito y se recomienda para reducir el riesgo de *Giardia* o *Cryptosporidium* (Cárdenas & Triviño, 2018).

Las particularidades clínicas de las anomalías transmitidas mediante el agua pueden incluir enfermedades gastrointestinales como diarrea severa, náuseas y posiblemente ictericia, así como dolores de cabeza y fatiga asociados. Sin embargo, es importante señalar que estas particularidades no se hallan anexas únicamente con organismos ocasionadores de patologías en el agua potable (Mejía & Zelada, 2021). A su vez, pueden provocarse por gamas de otros factores. Además, no todas las personas se verán afectadas en el mismo grado; los niños pequeños y los ancianos suelen ser más susceptibles.

Es debido a aquello que debe monitorearse de modo continuo el agua potable para los suministros públicos de agua. Se debe tener en consideración que si se detecta *E. coli* en el sistema de distribución de un PWS, el sistema debe desinfectarse de forma contigua. En la amplitud de sucesos, lo cual abarca la cloración de emergencia, que puede durar de dos a cinco días. Al mismo tiempo que se desinfecta un sistema, se ordena a los clientes del PWS que hiervan enérgicamente el agua para beber y cocinar (Aviso de hervir el agua) durante un minuto antes de usarla. Una vez que el sistema ha sido desinfectado y enjuagado, el MDH vuelve a analizar la fuente acuífera para detectar bacterias coliformes (Fragoso & Rubiano, 2021). Entonces, si no se detecta ninguno, se levanta el aviso de hervir el agua.

Si particularmente se llegase a detectar coliformes totales (sin la presencia de *E. coli*), lo más probable es que la fuente sea la contaminación del medio ambiente, introducida

durante la construcción o mientras se estaban realizando reparaciones en las tuberías o en una tubería principal de agua. El sistema identificará la fuente de contaminación, corregirá el problema y desinfectará a fondo su sistema. El público también será notificado de la situación; sin embargo, a menos que existan circunstancias inusuales que causen una preocupación particular sobre la seguridad del agua, no se emitirá un aviso de hervir el agua.

5.4 *Escherichia coli*

Son microorganismos notablemente versátiles y miembros importantes del microbiota intestinal normal de humanos y animales. Este organismo comensal inofensivo puede adquirir una mezcla de elementos genéticos móviles integrales que contienen genes que codifican factores de virulencia, convirtiéndose en un patógeno humano emergente capaz de causar un amplio espectro de enfermedades intestinales y extra intestinales (Plúas & Pozo, 2020).

Considerando aquello, cabe indicar que esta es una bacteria de tipología gran negativa con forma de bastoncillo perteneciente a la familia Enterobacteriaceae, fue aislada por primera vez de heces infantiles y caracterizada por Theodor Escherich en 1885. Pocas horas después del nacimiento, *E. coli* coloniza y habita el tracto gastrointestinal de los neonatos. Con respecto a varios beneficios mutuos, los humanos y las cepas comensales de *E. coli* coexisten sin ningún efecto adverso. Sin embargo, la *E. coli* comensal puede causar enfermedad en usuarios con barreras gastrointestinales fragmentadas o huéspedes inmuno comprometidos (Ramírez & Valdivieso, 2020).

Por otra parte, los factores de virulencia comprenden a moléculas específicas, primordialmente proteínas producidas y liberadas por bacterias, hongos, protozoos y virus. De tal modo, estos factores se hallan codificados por genes específicos ubicados en el cromosoma o elementos genéticos móviles (p. ej., plásmidos o transposones) en patógenos bacterianos. Siendo así, cada patotipo de *E. coli* tiene sus mecanismos de patogenicidad característicos y un perfil específico de factores de virulencia codificados

por grupos de genes específicos. Es así que los genes anexos con la patogenicidad pueden codificar actividades tales como adhesión, invasión, unión, adquisición de hierro, motilidad y actividad de toxinas, entre otras. Podemos distinguir múltiples categorías primordiales de virulencia de *E. coli* patotipos: colonización, toxinas y efectores (Leyva & Puig, 2019).

En este sentido, cada uno consta de varios factores de virulencia específicos con una función y actividad definidas. Cabe señalar que los diferentes patotipos entéricos y extra intestinales de *E. coli* aislados comparten los mismos factores y estrategias de virulencia. Este organismo resulta en la principal causa de anomalías diarreicas y brotes en lactantes caracterizada por primera vez en el Reino Unido en 1945, con una alta tasa de morbilidad y mortalidad en niños menores de seis meses. Adicional a ello, los alimentos, en particular la leche y la carne molida, son un vehículo de transmisión de estos agentes a humanos y animales y conducen a infecciones intestinales (Cárdenas & Triviño, 2018).

La evolución de los patotipos entéricos de *E. coli* ha contribuido a la aparición de distintos patotipos de *E. coli* capaces de secretar toxinas, colonizar agregación, multiplicarse en el tracto gastrointestinal y dañar diferentes ambientes a través de la adaptación de elementos genéticos clave, lo que resulta en la formación de nuevos patotipos. Es así que dado que los alimentos, el agua, los animales y las personas son vectores potenciales de transmisión y contaminación de *E. coli* patógena entérica, dichos sistemas de vigilancia deben integrarse en enfoques/redes de una sola salud. Se ve afectada una extensión de funcionalidades que abarcan la síntesis de proteínas, la transcripción de genes específicos, la secreción de diversas micro/macromoléculas e iones, el reordenamiento del citoesqueleto, la apoptosis, la autofagia, las actividades mitocondriales, la partición celular y la transducción de señales en las unidades huésped epiteliales intestinales y extra intestinales.

Por otra parte, es conocido que los grados permisibles de *Escherichia coli* en las aguas costeras de Ecuador se maneja en concordancia con los relativos vigentes en demás naciones; por ello, se establecen estándares para estas corrientes acuíferas indican limitantes para la presencia de este microorganismo como indicador de contaminación fecal. Dichos límites tienden a menguar entre 200 y 1000 UFC/100 ml, dependiendo de la utilización del agua y regulaciones ambientales particulares (Cortez & Santa, 2019).

5.5 Determinación patógena

La identificación de fuentes de *Escherichia coli* en cuerpos de agua de sistemas urbanos se confunde por la presencia de múltiples fuentes, así como por los muchos factores que influyen en el destino final del microbio una vez que se libera en el medio ambiente. Algunos factores importantes que se han descrito en estudios previos incluyen temperatura, luz, salinidad, lluvia, depredación, nutrientes disponibles, y contaminantes ambientales (Caro & Tobar, 2020). No obstante, dadas las complejidades de los sistemas ambientales, la influencia de cada factor en la gestión de la supervivencia y el crecimiento de mencionada bacteria es complejo el predecir para diferentes contextos de campo, aunque se han desarrollado modelos empíricos para algunas situaciones que se mantienen aún vigentes.

Por ello, cuando se enfrenta a un área costera que está experimentando niveles elevados de *E. coli*, identificar la causa de la contaminación microbiana es un desafío formidable, puesto que la concentración de este microorganismo observado en la corriente es una funcionalidad de las fuentes activas en ese instante, factores químicos y biológicos, y las condiciones hidroclimatológicas cambiantes que influyen en el destino de los organismos una vez que son liberados. Debido a aquello, en la contemporaneidad se dispone de diversos elementos que inciden en un oportuno establecimiento de estos microorganismos en sitios como agua costera, ríos, alimentos, entre otros. Para ello cabe mencionar a los más usuales, siendo estos las pruebas de regulación de calidad, disposición de muestras ambientales, procesos de fermentación, procesamiento analítico, muestreo aplicativo a áreas de suelo y agua. Sin embargo, para este análisis se optó por el sistema de Compact Dry.

5.6 Compact dry

Metodología aplicada en pruebas microbiológicas llevadas a cabo en contextos de laboratorios de alimentos y agua ya que se refiere a un cultivo seco enfocado en el recuento de bacterias en materia prima, productos alimenticios, cosméticos, entre otros. Esta base microbiológica es altamente utilizada debido a que detecta la enzima β -galactosidasa referente a coliformes y la β -glucoronidasa sobre *E. coli* (Freire, 2021).

De tal forma, Compact Dry *E. coli*/ Recuento de coliformes es una metodología de prueba dispuesto a efectuarse para la enumeración de ésta y otras bacterias coliformes (Leyva & Puig, 2019). Es así que las placas están pre esterilizadas y contienen medio de cultivo y un agente gelificante soluble en agua fría. Además, es necesario tener presente que el medio debe rehidratarse con 1 ml de muestra diluida inoculada en el centro del medio autodifusible, permitiendo que la solución se difunda por acción capilar. A su vez, la placa se puede incubar a 35 grados C durante 20-24 horas y las colonias se cuentan sin más pasos de trabajo. Las placas medianas Compact Dry EC suelen validarse como una herramienta de análisis para determinar unidades formadoras de colonias de *E. coli* y bacterias coliformes de una variedad de reservorios utilizando varios tipos diferentes de estos (Freire, 2021).

Para su utilización debe considerarse que el medio nutritivo de dicha metodología dispone de par de sustratos enzimáticos cromogénicos: Magenta-Gal y X-Gluc, mismos que proporcionan la tinción enrojecida a los coliformes, en tanto que la *E. coli* se visualiza con coloración azul. Por su parte, es a través de la adición de cada recuento de colonias rojas, rojas violetas y azules, que se podría alcanzarla digitación absoluta de bacterias coliformes cultivadas en el nutriente. Del mismo modo, las placas cromogénicas de su diseño, mismas que están disponibles para distintas utilidades, se tornan en altamente oportunas sobre la gestión en proceso, al igual que sucede con la inspección de resultantes concluido. Además de aquello, mediante el producto agregado forzosa Promedia ST-25 swab test (Z0302), las placas podrían utilizarse hacia lo que deriva en el muestreo de espacios y, debido a esto son aplicables para la administración cuantitativa de la higiene inclusive en áreas de complejo ingreso (Leyva & Puig, 2019).

Asimismo, se debe disponer del formato de prueba que también será aplicado para este estudio, donde se cuentan con dos configuraciones específicas; entre ellas, HS8781 que abarca 100 placas de nutrientes, y HS8782 con su contenido de 40 placas de nutrientes, conservando 4 de estas para su empaquetamiento sobre una bolsa de aluminio(Freire, 2021).

Posteriormente, el conteo es llevado a cabo a través de la visualización, para ello, se deberá esperar el período previsto de incubación que resulta en $24 \pm 2\text{h}$ a $37 \pm 1^\circ\text{C}$ cuando se refiere a MicroVal y/o NordVal; o bien, podría tornarse en $35 \pm 2^\circ\text{C}$ en casos de AOAC (Freire, 2021). Para ello, se destaca que el recuento tiende a ser sustentable cuando se anexa agua o alimentos líquidos, en su porción sólida o, incluso, con pruebas de hisopado. Esta circunstancia se debe a que las placas de este sistema son sustancialmente dispuestas en agar seco, por lo que ameritan de las muestras para su hidratación.

6. MARCO METODOLÓGICO

6.1 Ubicación y descripción del sitio de estudio.

El estudio se realizó en el balneario de Ayangue que se encuentra ubicado en la Ruta del Spondylus, perteneciente a la parroquia Colonche, provincia de Santa Elena, ubicado entre 1°58'60" de Latitud Sur / 80°43'60" de Longitud Oeste (Figura 2: Getamap, s.f.). El trabajo de investigación se realizó en dos fases, una de campo y una de laboratorio respectivamente según los objetivos planteados.

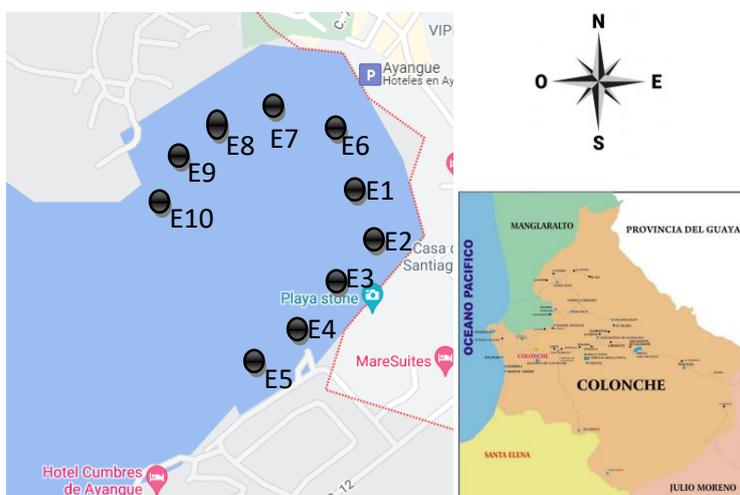


Figura 2: Ubicación del balneario de Ayangue y División política de la parroquia Colonche, Santa Elena.
Fuente: GoogleMaps, 2023 y GAD Parroquial de Colonche, 2017

6.2 Fase de campo

El estudio se realizó durante los meses de Mayo y Junio, dos semanas intercaladas de cada mes, los días Martes, Viernes y Domingos; las muestras fueron recolectadas en dos fases: las primeras con las condiciones de marea alta y las segundas con marea baja. Se establecieron 10 puntos o estaciones aparcando alrededor de la bahía de Ayangue, delimitándola con 2 estaciones en la parte frontal de la playa y 4 estaciones de cada lado de la bahía, estos puntos fueron reconocidos en cada muestro por las coordenadas del sitio obtenidas de Handy GPS (Tabla 1).

Tabla 1: Coordenadas geográficas de las estaciones de muestreo

Puntos de muestreo	Latitud N	Longitud E
P1	9781016	527541
P2	9780752	527572
P3	9780680	527526
P4	9780560	527503
P5	9780570	527398
P6	9780568	527398
P7	9781173	527329
P8	9781151	527191
P9	9781120	527169
P10	9781075	527140

Fuente: Velasco, 2023

6.2.1 Recolecta de muestras

Las muestras fueron recolectadas en frascos estériles con un volumen de 100ml previamente autoclavados. En cada estación se ingresó el frasco cerrado a una profundidad de 30cm, allí se abrió para tomar la muestra y fue sellado en ese mismo instante, luego se rotulo el frasco con el número de estación, la marea perteneciente de esa toma y la hora, una vez terminada la recolecta, se llevaron en una hielera para su preservación al laboratorio Atlantis de Servicios Acuícolas, ubicado en Guayaquil, por la autopista Terminal Terrestre Pascuales, Sector Mucho Lote II, Urb. Marbella Mz. 2853. SI. 2, para realizar los análisis bacteriológicos (Anexo 2).

6.2.2 Toma de parámetros

En las estaciones de muestreo se tomó *in situ* la temperatura con ayuda de un termómetro de alcohol y se recolecto en frascos estériles muestras para luego realizar las lecturas del pH ex situ con ayuda de un pH Metro Digital calibrado (Anexo 2).

6.3 Fase de laboratorio

De las muestras recolectadas en cada una de las estaciones, se realizaron los análisis de recuento de coliformes totales y *Escherichia coli*. En la cámara de microbiología, con todos los materiales esterilizados dispuestos, procedemos a sacar del empaque las placas de Compact Dry y rotularlas según la disposición del laboratorio y el análisis que se hará, por ejemplo: 238⁻² CT y 238⁻⁰ *E.coli* (Figura 3).

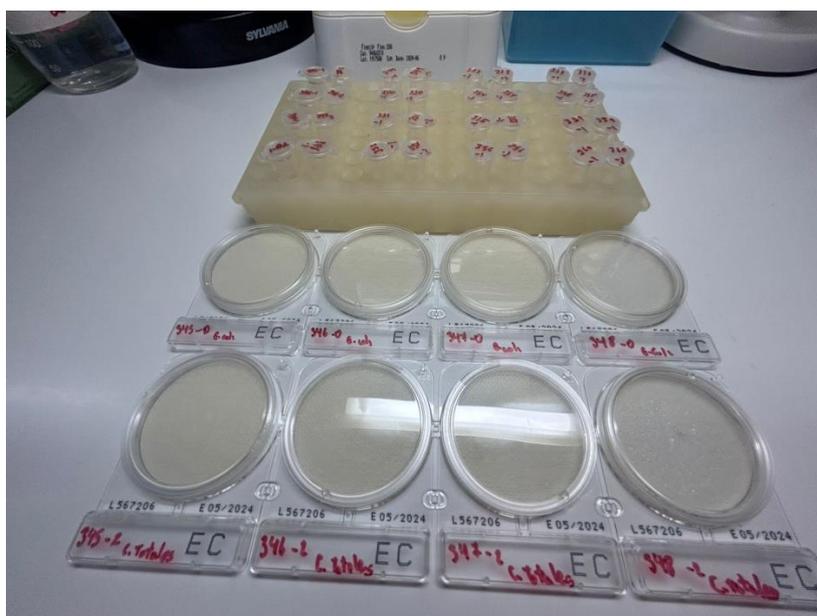


Figura 3: Placas de Compacity Dry y tubos rotulados dentro de la cámara de microbiología.

Coliformes totales.

Al realizar el cultivo para el recuento de CT se trabajó con dilución 10^{-2} , por ello, primero rotulamos dos tubos con el número de la muestra y con el número de dilución 10^{-1} y 10^{-2} respectivamente y con ayuda de la micropipeta marcada en 900 ul llenamos ambos tubos con agua autoclavada, luego con la micropipeta de 100 ul, tomamos la cantidad de muestra de nuestro frasco y lo llevamos a llenar el frasco del tubo 10^{-1} , lo sellamos bien y lo llevamos al Botex, presionamos y lo dejamos unos 10 segundos para que se homogenice la muestra, con el tubo de nuevo en su portador, tomamos de nuevo con la micropipeta y cogemos 100 ul para colocarlos en el segundo tubo 10^{-2} , el cual luego de homogenizar, usamos la micropipeta de 1000 ul para tomar todo el contenido del tubo, abrimos la placa de Compact Dry y colocamos en el centro lentamente todo el contenido de la punta, cerramos y la placa esta lista para incubar.

Escherichia coli.

Para realizar el cultivo de *E. coli* solo se necesitó tomar la micropipeta de 1000 ul, tomar la muestra de nuestro frasco y colocar en el centro de la placa de Compact Dry y cerrar. (Figura 4).



Figura 4: Siembra de *E. coli* en placas de Compact Dry

Una vez que las 20 placas estaban preparadas, fueron llevadas a incubar a 37°C durante 48h antes de realizar el conteo de colonias, el cual se hizo con ayuda del contador de colonias (Figura 5).



Figura 5: Conteo de las colonias de CT con ayuda del contador de colonias

7. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

7.1 Mayor concentración de microorganismos bacteriológicos UFC totales

Los niveles de coliformes en los sitios de muestreo no variaron significativamente entre ellos $p = 0.3329$ (Figura 6). Sin embargo, se observaron niveles promedio más altos que excedieron el límite permisible de 4000 UFC/ml en algunos puntos de muestreo, estando los niveles más altos en el punto uno con 6514.79 UFC/ml, el punto tres con 6362.25 UFC/ml, el punto cinco con 4966.62 UFC/ml, el punto dos con 4209.71 UFC/ml y el punto siete con 4051.67 UFC/ml, correspondientes a las zonas Sur, los tres primeros y el último en la zona central norte. Cabe señalar que la zona sur constituye a un área semiprivada, donde se observan principalmente turistas con vehículos. En el punto 7m es un extremo rocoso, que de acuerdo a observaciones personales facilita su uso como “baño público de infantes principalmente”. Se identificaron sitios donde los niveles promedio se encontraron dentro del rango permisible. Estos incluyen el punto ocho con 3966.17 UFC/ml, el punto cuatro con 3909.12 UFC/ml, el punto 10 con 2582.71 UFC/ml, el punto nueve con 2128.75 UFC/ml y el punto seis con la concentración más baja de 1994.83 UFC/ml.

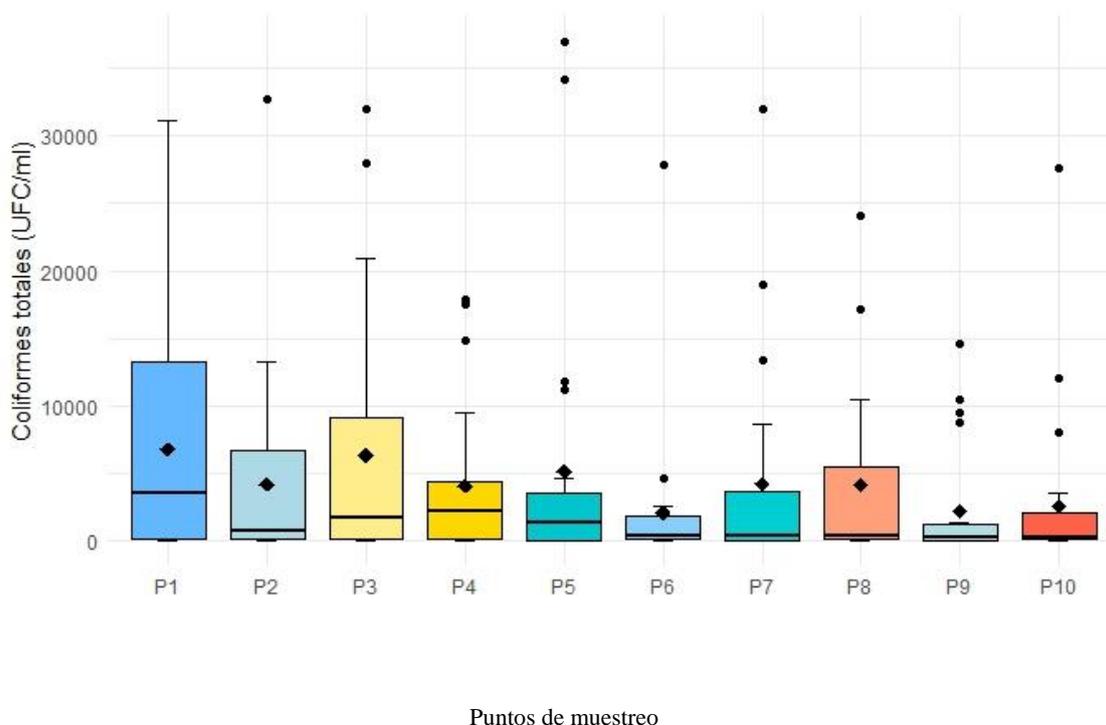


Figura 6. Comparación de la concentración de coliformes totales en los puntos de muestreo.

7.2 Mayor concentración de microorganismos bacteriológicos UFC *E. coli*

En cuanto la concentración de *E. coli* en los diferentes puntos de muestreo, no fue estadísticamente significativo de igual manera con un $p = 0.3160$; se observaron algunas diferencias. El punto uno mostró la concentración más alta, con un promedio de 144.33 UFC/ml, seguido del punto siete con 122.91 UFC/ml y el punto dos con 104.54 UFC/ml. Por otro lado, los promedios de concentración de *E. coli* en los demás sitios fueron los siguientes: 85.71 UFC/ml en el punto seis, 77.29 UFC/ml en el punto siete, 74.46 UFC/ml en el punto ocho, 55.17 UFC/ml en el punto cuatro, 42.38 UFC/ml en el punto tres, 41.79 UFC/ml en el punto diez y 36.62 UFC/ml en el punto cinco.

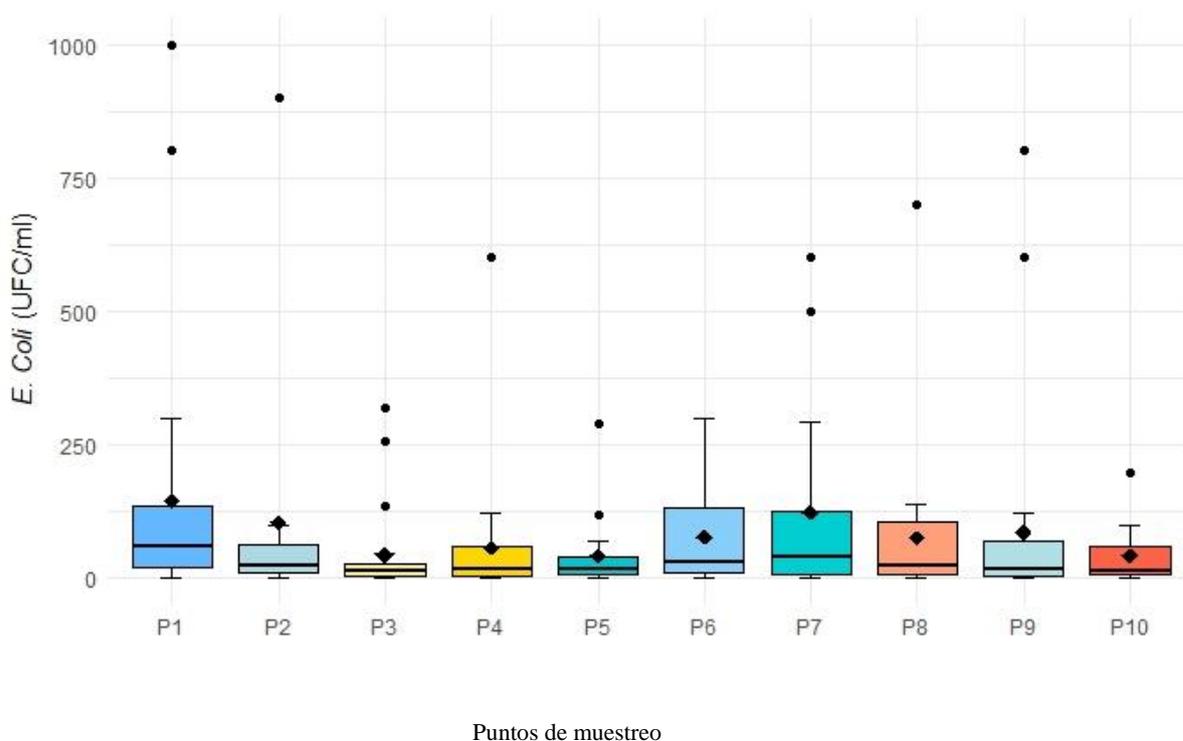


Figura 7. Comparación de la concentración de *E. coli* en los puntos de muestreo.

7.3 Actividad antropogénica como factor contaminante.

Visualmente Ayangué es una playa muy contaminada en cuanto a desechos sólidos, cada día de muestreo se pudo observar pequeños cúmulos de basura flotando en el agua, otros desechos dejados en la zona rocosa por los visitantes, grandes fundas plásticas o sacos siendo llevados, pudieran haber llegado por efecto del oleaje o con el cambio de marea; de igual manera se observó heces humanas en el cuerpo de agua por lo menos por una ocasión de cada semana de muestreo.

7.4 Contraste de concentraciones en condición de mareas.

La concentración de coliformes totales mostró una diferencia estadísticamente significativa en lo registrado entre los dos periodos, la marea baja y la marea alta, con un valor de $p = 0.0404$. Durante la marea alta, se observó una mayor cantidad de coliformes con un promedio de 11769.74 UFC/ml, en contraste con la marea baja que presentó un promedio de 2225.92 UFC/ml (Figura 8). En ambos casos, el nivel de coliformes se encuentra en un dentro del rango permisible, siendo inferior a 4000 UFC/ml.

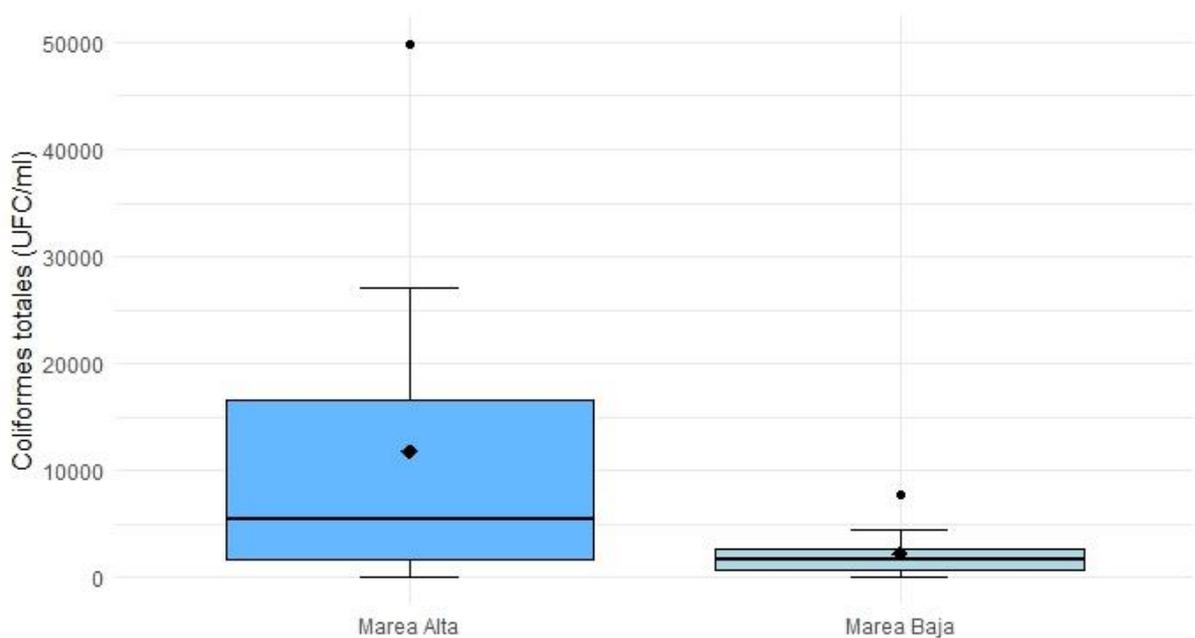


Figura 8: Comparación entre la concentración de coliformes totales registrados durante marea baja y alta.

La concentración de *E. coli* no mostró una diferencia estadísticamente significativa entre la marea baja y la marea alta, con un valor de $p = 0.0707$. Durante la marea alta, se registró un promedio de 171.08 UFC/ml, mientras que durante la marea baja fue de 44.3 UFC/ml (Figura 9). Los niveles de *E. coli* en ambas condiciones de marea se mantuvieron por debajo del límite permisible establecido de <200 UFC/ml.

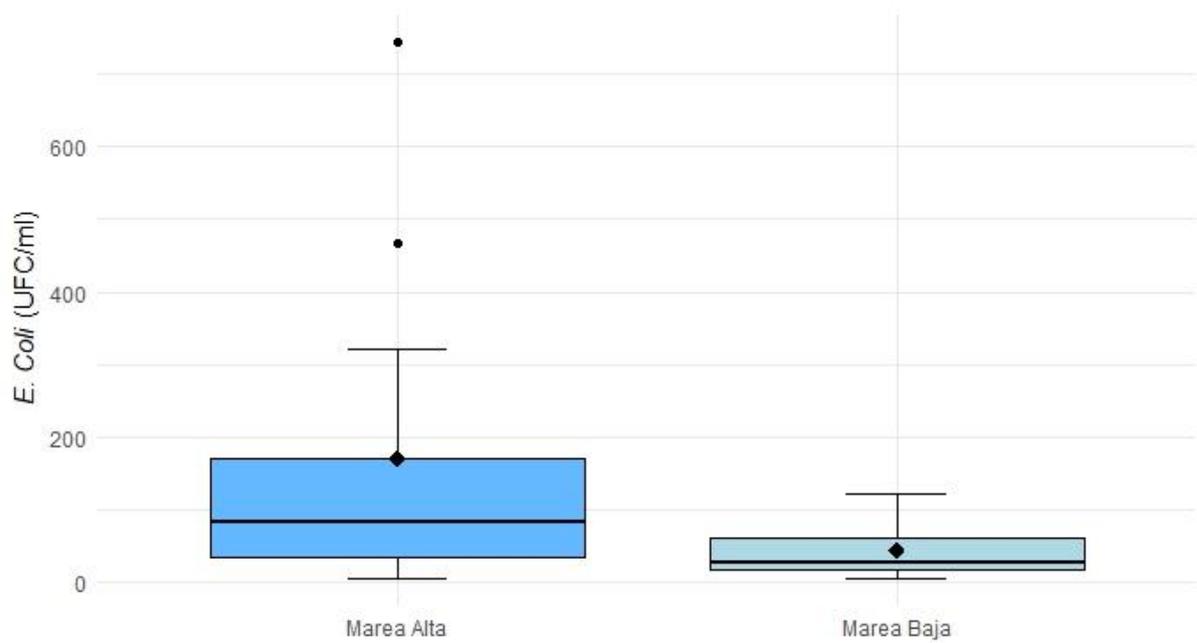


Figura 9: Comparación entre la concentración de *E. coli* registrados durante marea baja y alta.

7.5 Variación por día de la UFC

UFC totales

Se observa el crecimiento bacteriano en la figura 10. Registrándose una menor carga bacteriana hacia el día domingo, con un incremento, con excepción de la tercera semana, hacia el día martes. Esta situación también se refleja para el caso de *E. coli*.

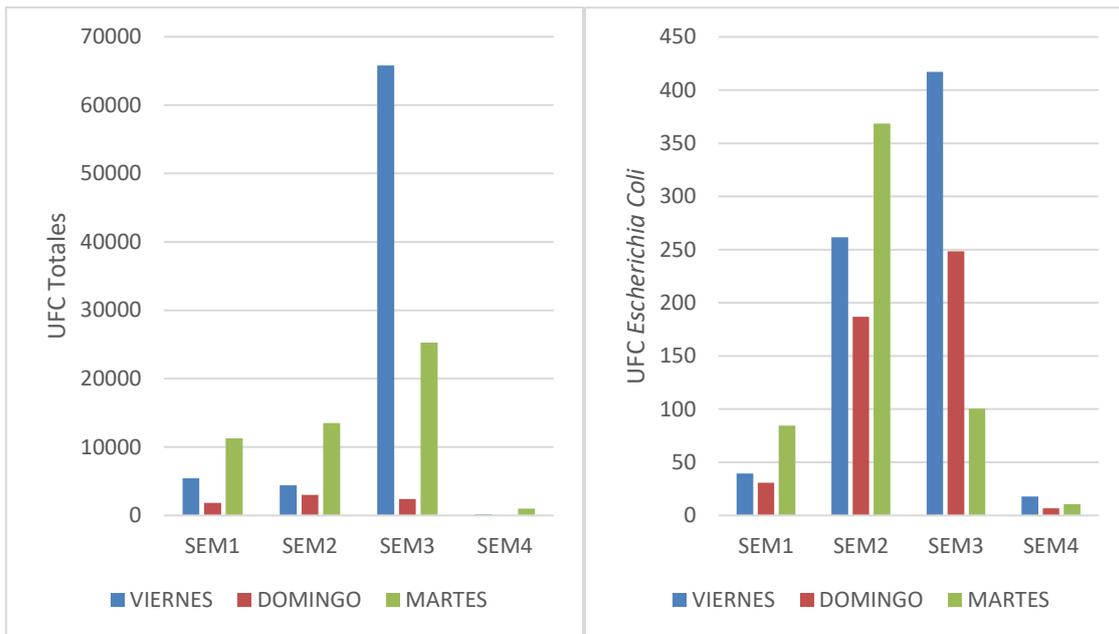


Figura 10: Distribución temporal de UFC totales y *E coli*.

8. DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 Discusión

Las bahías son de gran importancia económica y social en las zonas costeras y en caso de Ayangue, esta toma relevancia debido a que los servicios ecosistémicos que brinda la misma son muy bien aprovechados, es usada por los turistas y la comunidad en partes iguales para comercio y relajación, este cuerpo de agua es utilizado para bañarse, para diferentes actividades/juegos acuáticos y para realizar diferentes artes de pesca.

La bahía de Ayangue tiene una influencia directa de una variada gama de desechos líquidos y sólidos, lo que conlleva a que deba tener una intervención, debido a la presencia de altas concentraciones de Coliformes totales y *Escherichia coli* que fueron encontradas en este estudio. A pesar de que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los sitios, la presencia en los puntos de muestreos con niveles más altos de coliformes totales sugiere la existencia de fuentes de contaminación focalizadas. Esto indica la necesidad de identificar y abordar estas fuentes para mejorar la calidad del agua en esas áreas específicas.

En un estudio realizado en México durante el 2018 en la bahía Magdalena (García, 2020), se basó en la correlación que existe entre los desechos de vertidos y las concentraciones bacteriológicas halladas, concordando con lo registrado en este caso, es decir que tener una constante fuente de contaminación coadyuva a que los resultados sobrepasaran los LMP. La presencia en sitios donde los niveles promedio de coliformes totales y *E. coli* se mantienen dentro de los LMP sugiere que existen áreas en el estudio que están menos afectadas por la contaminación fecal y cumplen con los estándares establecidos.

Chiquito et al. (2020), en su estudio realizado en las playas de Chuyuipe, determinó presencia de *E. coli* únicamente en la muestra 1 en marea baja con 2×10^2 UFC/ml,

valor que no sobrepasa el LMP dispuesto por criterio de calidad de aguas mientras que durante el actual estudio los análisis de las concentraciones de Coliformes totales en marea baja y alta oscilaron entre 4700UFC/ml hasta 1000000 UFC/ml, esta diferencia significativa sugiere que las condiciones de marea pueden influir en la presencia de microorganismos en el agua. Durante la marea alta, es posible que ocurran mayores ingresos de contaminantes, lo que resulta en un aumento en los niveles de CT. Estos resultados indican la importancia de considerar las condiciones de marea al evaluar la calidad del agua.

Las concentraciones de *Escherichia coli* en marea baja y alta los valores oscilaron entre 300 UFC/ml hasta 2200 UFC/ml que de igual manera excede el LMP, esto sugiere que esta se debería a otros factores. Bajo este contexto Chiquitito et al. (2020), señalan que las variables ambientales pH y temperatura registran una correlación negativa entre -0,4 y -0,45 respectivamente, en tanto que la salinidad poseen un rango positivo entre 0,5 y 0,48. Si bien en este estudio no se planteó como objetivo, si se observó una correlación con la temperatura, se observó solo en el caso de UFC totales, pero se observó en relación pH, ni tendencias en ambos casos, por lo que será importante considerarla en próximos estudios dado que parece ser que esta situación guarda relación con los periodos de marea, señalando que la fuente de contaminación o las características del agua pueden tener mayor impacto en la presencia de *E. coli* que las condiciones de marea.

Ramos et al., (2008), en su análisis de la contaminación microbiológica de la bahía de Santa Marta (Colombia), corroboran que la variabilidad de los resultados obtenidos con niveles de concentraciones muy elevadas y viceversa no representan una condición crítica del cuerpo de agua, pero si la consideración a precaución del mismo, además de medir y controlar cada una de las influencias de carga bacteriana que llega al agua, considerando siempre lo relacionado que se encuentra esto al aumento de población y los niveles de precipitación. Ayangué constituye un área con una población permanente de alrededor de 2370 habitantes, pero a la que llegan turistas a sus casas en fin de semana y en buses que de acuerdo a Sanz (2009), eran para ese periodo 12657 turistas por día en temporada alta y de 4219 turistas por día en temporada baja. No se observó una planta de tratamiento de aguas residuales,

tiene “pozos ciegos” que podrían estar “filtrando hacia la zona de la Bahía” por razones de niveles, lo cual podría contribuir a la contaminación del área.

Este estudio destaca la importancia de implementar medidas de gestión adecuadas para controlar y prevenir la contaminación microbiológica en el cuerpo de agua estudiado, además resalta la necesidad de realizar una vigilancia continua para garantizar que los niveles de coliformes totales y *E. coli* se mantengan dentro de los LMP y se proteja la salud pública y los recursos hídricos.

Fernández- Muñoz (2015), señala que, aunque el plástico es comúnmente considerado como un material inerte, después de la exposición al medio marino puede interactuar con microorganismos, algunos de los cuales pueden ser patógenos. Los plásticos pueden llegar a contener gran cantidad y diversidad de bacterias y aunque *Vibrio* se presenta en baja proporción, en la actualidad hay poca información disponible para evaluar si la presencia de patógenos en los residuos de plástico representa un riesgo real para la salud humana. Si bien en este estudio no se incorporó el tema de la basura marina, si se observó la presencia de actividad humana durante los muestreos, basura siendo llevada por la corriente, mucha de ella ya degradada y en tamaños poco visibles, además de heces humana siendo arrastradas por las olas, también y proveniente de una propiedad ubicada en la zona elevada de la bahía, desechaba líquido de origen desconocido directamente al mar.

Las bacterias desarrollan un proceso de crecimiento exponencial, el mismo que se genera principalmente por horas, siendo así que en el lapso de 2 horas es posible duplicar su densidad. Castillo (2021), señala que cuando la materia orgánica aumenta considerablemente en el agua las poblaciones de microorganismos se multiplican y se rompe el balance que existe en la naturaleza. Es entonces cuando se desarrolla una mayor cantidad de microorganismos que pudieran no ser benéficos, como se considera el caso actual en el que la carga bacteriana se incrementó dos días después de la afluencia de turistas que generalmente ocurre en la zona de Ayangué los fines de semana.

8.2 Conclusiones

Con base a los resultados obtenidos se acepta la hipótesis nula dado que existe la presencia de Coliformes totales y *Escherichia coli* en el balneario de Ayangue.

Las estaciones localizadas con mayor afluencia de turistas son las zonas con mayor concentraciones de CT: P1 y *E. coli*: P6 y P7 equitativamente.

Aunque la bahía de Ayangue es considerada una bahía cerrada, el recambio de agua y la fuerza de sus corrientes parecen ser lo suficiente para mitigar el continuo incremento de estos microorganismos, con la marea alta se obtuvo resultados mucho más elevados, en marea baja hubo puntos que superaban el límite permisible con un 600 UFC/ml en las estaciones P1 y P7 en *E. coli* y 21900 UFC/ml en el P1 en CT.

8.3 Recomendaciones

Se sugiere mejorar y garantizar la calidad del cuerpo de agua tal como establece la reforma del Acuerdo Ministerial 97-A, donde se encuentran los rangos admitidos por el Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE, 2015, p.20-28), donde se establece claramente que criterios debe cumplir el agua de mar para fines recreativos mediante contacto primario y secundario que son los fines con los que el público interactúa en este medio.

La comunidad, los comerciantes y los pescadores deberían ser sujetos a normas lo más controladas posible sobre los desechos y desperdicios que causan son oficios (basura orgánica e inorgánica, el aparente uso indebido de la zona rocosa como baño público y el combustible que suelen desechar las lanchas).

Se aconseja que se realicen estudios más amplios y profundos sobre la cantidad de microorganismos bacteriológicos que pueden haber en este cuerpo de agua, de igual manera, debido al cambio notable en los resultados de acuerdo a las mareas, se debería realizar el estudio a nivel de la franja costera para verificar si gracias al recambio y las corrientes, sus niveles están muy elevados y como podría estar

afectando esto en la pesca y a los turistas que llegan a esa altura en alguna actividad como el buceo o semejantes.

Por último, se recomienda identificar cada una de las fuentes de contaminación que tiene la bahía, actividades no reguladas que lleguen a arrojar vertidos de cualquier tipo al cuerpo de agua sin consideración de la carga bacteriana que estos mismos podrían aportar.

En la actualidad están descritas cepas patógenas para el humano causantes de enfermedades graves, como infecciones de vías urinarias, bacteriemia y meningitis. Seis cepas entero-patógenas pueden causar diarrea aguda: *E. coli* entero hemorrágica, es una de ellas y al ser registradas durante este estudio, se constituirá en un sistema de alerta que debe ser considerado por las autoridades sanitarias.

9. BIBLIOGRAFÍA:

- Cárdenas, M., & Triviño, M. (2018). Comunidades Bentónicas Presentes en Sitios de Buceo en la Reserva Marina El Pelado. *Investigatio*(11), 67-88.<https://revistas.uees.edu.ec/index.php/IRR/article/view/199/171>
- Caro, P., & Tobar, J. (2020). Análisis microbiológico de superficies en contacto con alimentos. *Entramado*, 16(1), 240-249.<http://www.scielo.org.co/pdf/entra/v16n1/2539-0279-entra-16-01-240.pdf>
- Castillo, N. (2021). Microorganismos en el agua ¿Debemos preocuparnos? *Ciencia UNAM*. <https://ciencia.unam.mx/leer/1098/microorganismos-en-el-agua-debemos-preocuparnos->
- Contreras-Omaña, R., Escorcía-Saucedo, A. E., & Velarde-Ruiz Velasco, J. A. (2021). Prevalencia e impacto de resistencia a antimicrobianos en infecciones gastrointestinales: una revisión. *Revista de Gastroenterología de Mexico*, 86(3), 265-275. <https://doi.org/10.1016/j.rgmex.2021.02.003>
- Cortez, A., & Santa, A. (2019). Análisis de la contaminación microbiológica (coliformes totales y fecales) en el río Huaura – 2018. *Big Bang*, 8(4), 17-21.<https://revistas.unjfsc.edu.pe/index.php/BIGBANG/article/download/556/537/1521>
- Fernández, A. (2015). *Riesgo Microbiológico asociado a plásticos sumergidos en agua de mar*. Unisersitat de les Illes Balears. España.
- Fragoso, P., & Rubiano, L. (2021). Análisis de variables físico-químicas en el proceso de remoción de coliformes en el sistema de lagunas de oxidación, Salguero, Valledupar (Colombia). *Información Tecnológica*, 32(1), 112-122.<https://www.scielo.cl/pdf/infotec/v32n1/0718-0764-infotec-32-01-113.pdf>
- Freire, D. (2021). Estudio de coliformes totales, mohos y levaduras en panaderías de la ciudad Ambato. *Universidad y Sociedad*, 13(3), 477-483.<http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v13n3/2218-3620-rus-13-03-477.pdf>
- Gobierno Comunal de Ayangue. (2017). *Historia de Ayangue*. Ayangue: Gobierno Comunla de Ayangue.

Huaman Vilca, S., Lucen, M., Paredes Vite, M., & Changanqui Alfaro, D. (2020). Evaluación de la calidad del agua de la Laguna Maravilla en los Pantanos de Villa (Lima - Perú). *Sout Sustainability*, 1(2), e019. <https://doi.org/10.21142/ss-0102-2020-019>

Huayanay, C., & Aldoradin, V. (2022). Presencia de *Escherichia coli* en playa Pucusana, Lima y su potencial efecto en la salud pública. *Acta Médica Peruana*, 39(1), 31-39.<http://www.scielo.org.pe/pdf/amp/v39n1/1728-5917-amp-39-01-31.pdf>

Lemoine, F., & Hernández, N. (2020). Análisis de la representatividad wed de empresas hotelera para definir el ciclo del destino turístico Sucre-San Vicente. *Uleam*, 1(2), 1-17.<https://revistas.uleam.edu.ec/documentosbahia/Articulo1.pdf>

Leyva, V., & Puig, Y. (2019). Presentación de un método rápido para el análisis microbiológico de los alimentos. *Revista Cubana de Alimentación y Nutrición*, 29(2), 299-311.<https://www.medigraphic.com/pdfs/revcubalnut/can-2019/can192d.pdf>

MAATE. (2015). Anexo 1 del libro VI del texto unificado de la legislación secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua. Disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/20118/05/Acuerdo-097.pdf>.

Mejía, L., & Zelada, M. (2021). Análisis microbiológico del agua para consumo humano de la población del centro poblado pachapiriana, distrito de chontalí, provincia de Jaén– 2019. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(6).<https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/download/1355/1862/>

Pino, S., & Barros, D. (2021). El costo de remediación del recurso agua por contaminación de Coliformes fecales en el Estero Salado, sector la Chala, Guayaquil-Ecuador. *Revista Espacios*, 42(4), 102-121.<http://www.revistaespacios.com/a21v42n04/a21v42n04p09.pdf>

Plúas, A., et al. (2020). Determinación de Coliformes Totales y *Escherichia Coli* en el Estuario Chulluype del Cantón Santa Elena Provincia de Santa Elena.

70.<https://revistas.uees.edu.ec/index.php/IRR/article/download/400/429/3036>

Ramírez, G., & Valdivieso, W. (2020). Cambios en el perfil proteico de *E. coli* O157:H7 frente al tratamiento con Ib-M1 e IONP@Ib-M1. *Química Orgánica y Bioquímica*, 50(1), 3-12.<http://www.scielo.org.co/pdf/rcq/v50n1/2357-3791-rcq-50-01-3.pdf>

Ramos, L., Vidal, L., Vilardy., & Díaz, S. (2008). Análisis de la contaminación microbiológica (Coliformes totales y fecales) en la Bahía de Santa Marta, Caribe colombiano. Instituto de Investigaciones Tropicales, 87-98.

Rodríguez, A.C.G. (2020). *Evaluación de contaminación microbiológica (coliformes totales, Escherichia coli y estreptococos) en Bahía Magdalena, Baja California Sur, México*. Instituto Politécnico Nacional Centro Interdisciplinario de Ciencias Marina. La Paz, México.

Ríos-Muñiz, D., Cerna-Cortés, J. F., Morán-García, N., Meza-Segura, M., & Estrada-García, T. (2019) *Escherichia coli* enterotoxigénica y enteroagregativa: prevalencia, patogénesis y modelos murinos. *Gaceta Médica de Mexico*, 155(4), 410-416.<https://doi.org/10.24875/GMM.19004716>

Sáenz, R. S. (2009). *Evaluación ambiental del turismo en la comuna Ayangué*. Universidad del Pacífico. Guayaquil.

Salas, J., & Maraver, F. (2020). Importancia del consumo de agua en la salud y la prevención de la enfermedad: situación actual. *Nutr. Hosp*, 37(5).https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112020000700026

Zambrano Mero, J. D., Delgado Párraga, A. G., Zambrano Mero, E. T., & Peñaherrera Villafuerte, S. L. (2022) Contaminantes biológicos presentes en fuentes de agua del centro-sur de la provincia de Manabí, Ecuador. *Siembra*, 9(2), e4011.<https://doi.org/10.29166/siembra.v9i2.4011>

10. ANEXOS

PROBLEMÁTICA

En el mar, la contaminación suele estar muy arraigada a las actividades del ser humano para con su desarrollo. Desde los 90's, mundialmente la calidad de agua se asocia a la carga de patógenos, la misma que se suele ver reflejada en algunos casos, por las descargas de aguas residuales que influyen en la alteración de estos ecosistemas, como lo es en el caso de Ayangue, área que se evaluó para este estudio y la cual se encuentra dentro de un área protegida (Reserva Marina El Pelado, REMAPE), que su bahía se ve directamente afectada por diversos desechos contaminantes. Además, es una turística, la cual tiene alta influencia de visitantes ecuatorianos y extranjeros, por lo tanto, fue necesario identificar y conocer las condiciones de este lugar. Por eso se llevó a cabo el estudio de pruebas microbiológicas, para corroborar que tan buena o mala calidad de agua tenía la zona.

Una muestra de agua de diferentes cuerpos de agua que da con un resultado positivo de *Escherichia coli* es mucho más relevante que un resultado positivo de bacterias coliformes por sí solas. Esto se debe a que si bien existen un gran número de cepas de *E. coli*, la mayor parte de estas cepas son inofensivas, se desarrollan y viven normalmente en los intestinos de humanos y de animales que se encuentran sanos; sin embargo, algunas cepas pueden producir una fuerte toxina y ocasionar enfermedades peligrosas e incluso la muerte (Zambrano, Delgado, Zambrano y Peñaherrera, 2022).

Respecto a los efectos de aquellas bacterias que causan enfermedades, los síntomas más comunes son malestares gastrointestinales, sintomatología similar a una infección por el virus de la gripe, estos síntomas incluyen fiebre, dolor abdominal y diarrea (Contreras, Escorcia y Velarde, 2021). Los síntomas aparecen mayormente en niños y en ancianos; cabe indicar que existen casos en los que los individuos adquieren inmunidad a este tipo de bacterias transmitidas por el agua, pero el riesgo está presente para todos (Ríos, Cerna, Morán y Estrada, 2019).

Los cuadros resumen muestran los valores registrados de cada estación.

Tabla 2: Registro de las concentraciones de CT y *E. coli* las dos primeras semanas de muestreo, mes de Mayo.

	1era semana						2da semana					
	Martes		Viernes		Domingo		Martes		Viernes		Domingo	
M. alta	C. Totales	<i>E. coli</i>	C. Totales	<i>E. coli</i>	C. Totales	<i>E. coli</i>	C. Totales	<i>E. coli</i>	C. Totales	<i>E. coli</i>	C. Totales	<i>E. coli</i>
P1	6200	35	14400	27	3600	136	31100	600	12100	125	6700	293
P2	6700	26	13300	17	6800	26	8800	100	600	100	2200	86
P3	20900	26	11400	37	9600	1,1	27900	600	7600	2000	9000	136
P4	17500	123	17900	63	100	4	2200	27	2500	100	4700	600
P5	34100	288	11800	71	56	6	4700	300	1400	900	3500	1600
P6	2500	130	4700	86	1100	200	27800	1000	700	35	400	143
P7	19000	293	2500	121	400	12	7600	700	32000	121	600	81
P8	9500	109	10500	11	28	5	24100	2200	6200	200	2500	70
P9	14600	68	1300	39	14	N.D	>100000	600	1100	27	10500	123
P10	12100	63	2200	57	79	6	300	35	600	400	3600	71
M. Baja												
P1	15800	69	101	23	53	8	21900	600	1500	50	3800	139
P2	8800	21	800	11	79	11	4100	25	400	100	152	38
P3	4900	45	400	4	157	11	2100	45	200	17	173	35
P4	14800	53	3700	18	57	10	200	31	7000	60	4100	56
P5	1500	34	2800	12	173	19	1400	13	2800	4	3700	117
P6	2600	60	139	21	400	35	300	56	200	11	176	16
P7	3900	55	152	16	13400	50	1000	100	8700	600	120	40
P8	17200	139	7600	105	136	24	4000	300	159	115	3900	55
P9	215	2	1100	38	200	10	527	17	300	69	101	21
P10	8000	54	2100	13	100	9	313	21	2300	197	100	19

Fuente: Velasco, 2023

Tabla 3: Registro de las concentraciones de CT y *E. coli* las dos segundas semanas de muestreo, mes de Junio.

		3era semana				4ta semana					
Martes		Viernes		Domingo		Martes		Viernes		Domingo	
C. Totales	<i>E. coli</i>	C. Totales	<i>E. coli</i>	C. Totales	<i>E. coli</i>	C. Totales	<i>E. coli</i>	C. Totales	<i>E. coli</i>	C. Totales	<i>E. coli</i>
437	10	1000000	1000	3500	800	47	N.D	600	70	92	38
174	89	32700	900	8500	900	121	1	124	6	23	4
32000	23	4700	320	6400	4	22	4	188	21	17	N.D
65000	79	9500	2200	2900	6	157	1	200	4	30	2
37000	65	210000	1500	11200	1700	29	2	211	18	40	N.D
120000	143	600	300	28	6	400	81	219	15	100	8
132000	24	3500	290	3500	500	63	1	71	8	19	4
76000	25	157	100	3300	700	22	1	282	6	13	2
8790	600	9500	800	1400	49	69	1	96	23	34	N.D
27600	100	400	38	188	10	78	2	138	16	13	1
800	69	16900	300	211	115	16400	69	58	14	56	5
157	18	3700	54	173	8	2500	16	103	37	27	3
1400	24	13200	256	195	N.D	74	2	120	12	48	10
300	100	2100	23	3700	9	45	3	115	32	15	4
70	38	289	10	2300	117	18	3	97	40	16	6
2600	300	2500	25	100	N.D	176	10	116	8	22	11
215	140	100	37	285	1	66	5	27	2	22	8
400	105	4900	11	135	38	70	8	72	12	14	2
57	11	1000	100	72	2	51	5	32	11	32	6
1000	45	524	79	138	4	26	N.D	52	5	36	2

Fuente: Velasco, 2023

ANEXO 2



Figura 11: a) Toma de muestra en P7



Figura 11: b) Toma de muestra en P7



Figura 12: Toma ex situ del pH



Figura 13: Autoclavado de los frascos para muestras en las instalaciones de UPSE, en CIPBA

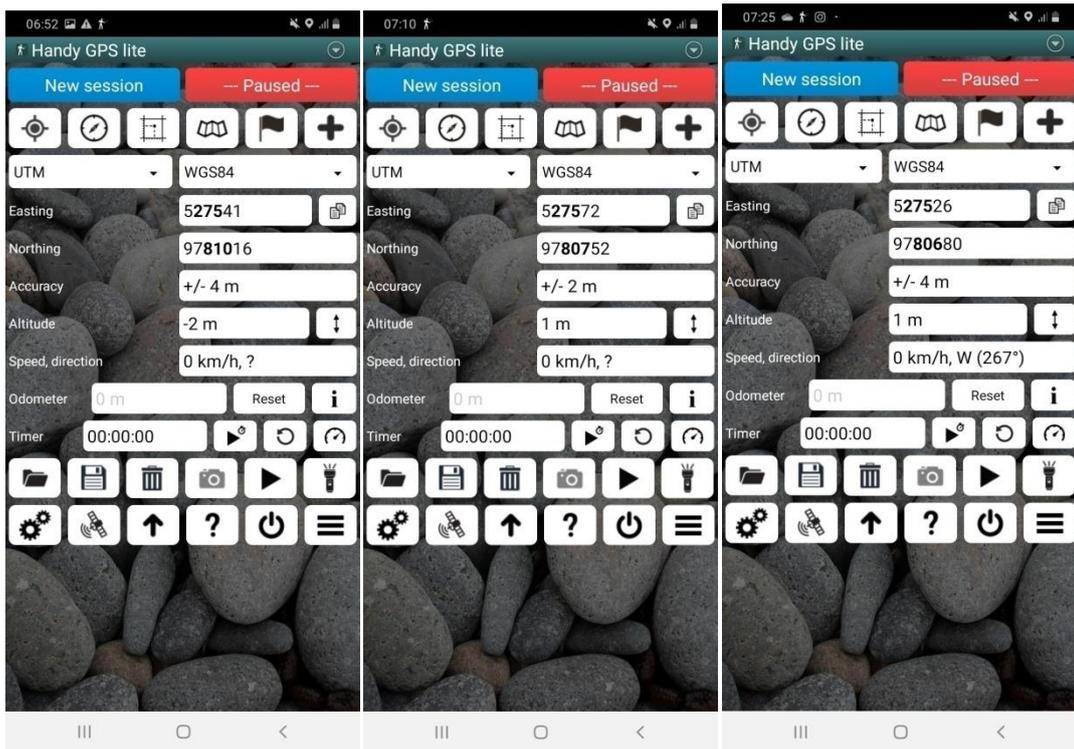


Figura 14: Capturas de la toma de coordenadas con Handy GPS

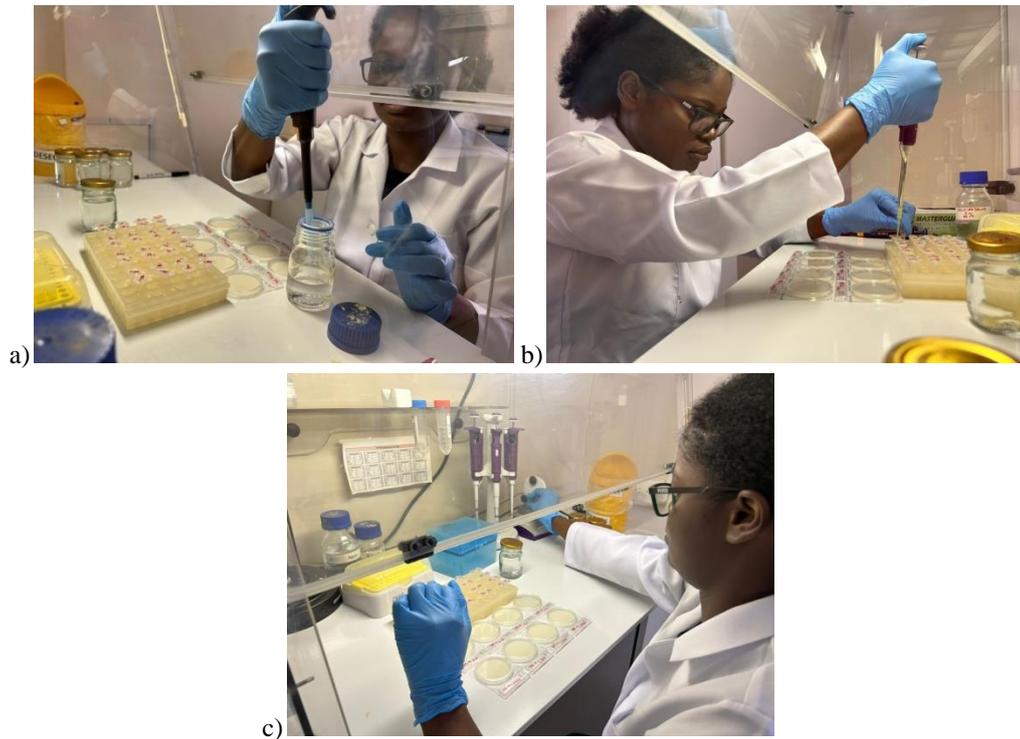


Figura 15: a), b) y c) dilución 10^{-2} para CT



Figura 16: Nylon de pescar en zona rocosa, al subir la marea se lo podría llevar con facilidad la corriente. Martes 09/05/2023.



Figura 17: Basura siendo arrastrada con las olas. Domingo 14/05/2023



Figura 18: Desecho líquido de una propiedad elevada en la bahía que cae directamente al mar. Domingo 14/05/2023



Figura 19: Desechos dejados en la zona rocosa por los visitantes.



Figura 20: Basura en el mar. Domingo 11/06/2023



Figura 21: Basura en la orilla de la playa. Viernes 23/06/2023



Figura 22: Contaminación por basura en el mar. Domingo 25/06/2023

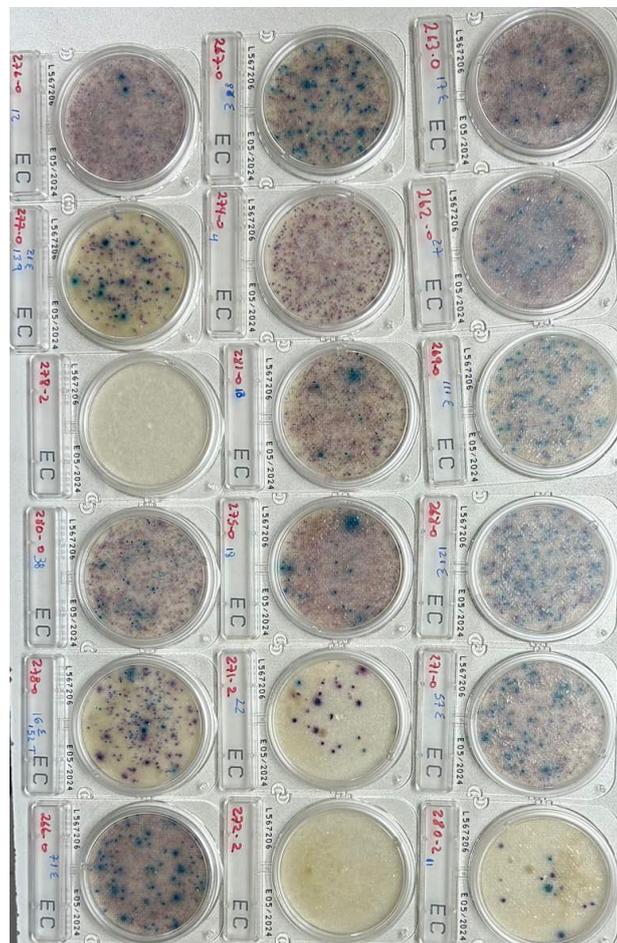


Figura 23: Placas de Compact Dry inoculadas después del conteo.

ANEXO 3

VARIABLES AMBIENTALES

Temperatura

La temperatura osciló entre 27,5 y 30°C durante el periodo de estudio (Figura 24), registrándose una correlación de 0,47 cuando se analiza su relación con UFC totales, no así en el caso de *E. coli*, donde la correlación fue inferior a este valor. Tendencias relacionadas a las variaciones en forma semanal fueron observadas, pero no fueron representativas (ver anexos Figuras 27 -29)



Figura 24: Variación de la temperatura para la zona de estudio

pH

Los niveles de pH variaron entre 6,54 y 7,18 considerado principalmente de ácido a alcalino (Figura 25). No se registraron correlaciones con la densidad de UFC totales u UFC de *E. coli*. Tendencias relacionadas a las variaciones en forma semanal fueron observadas, pero no fueron representativas de la misma (ver anexos Figuras 26-28)

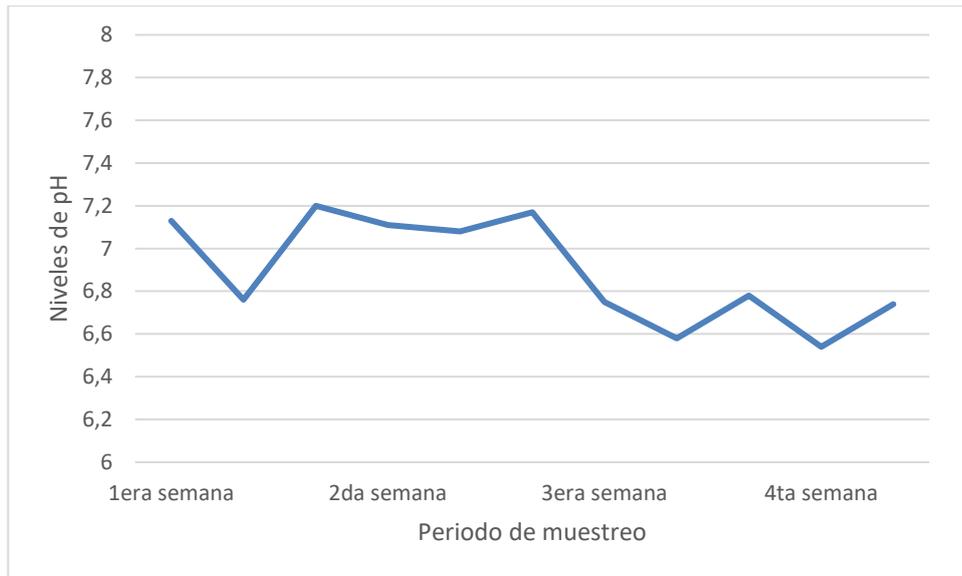


Figura 25: Niveles de pH registrados durante el periodo de estudio

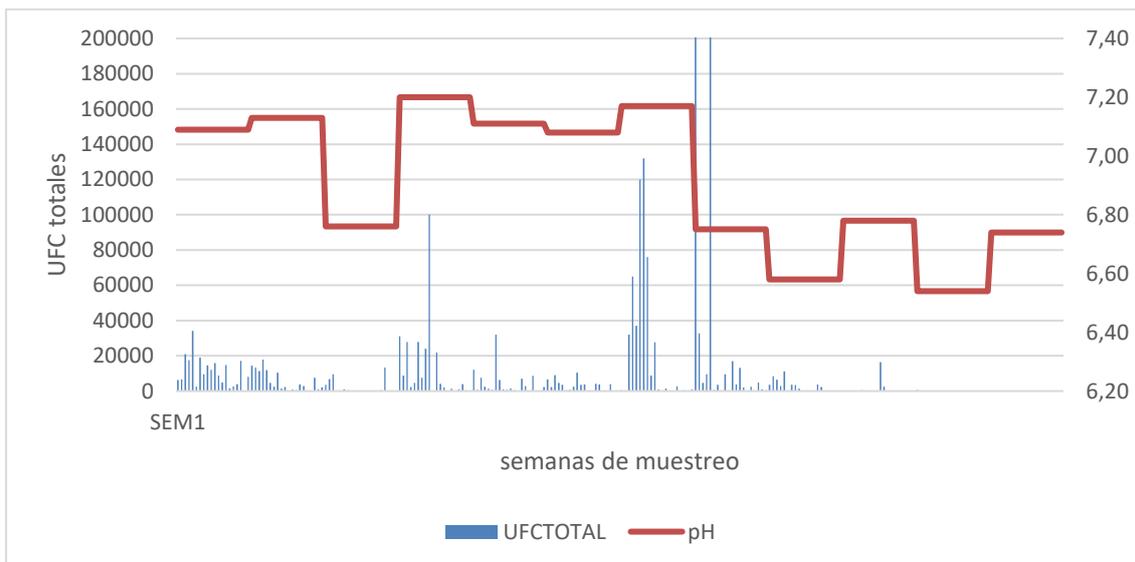


Figura 26: Variables ambientales en relación UFC totales pH

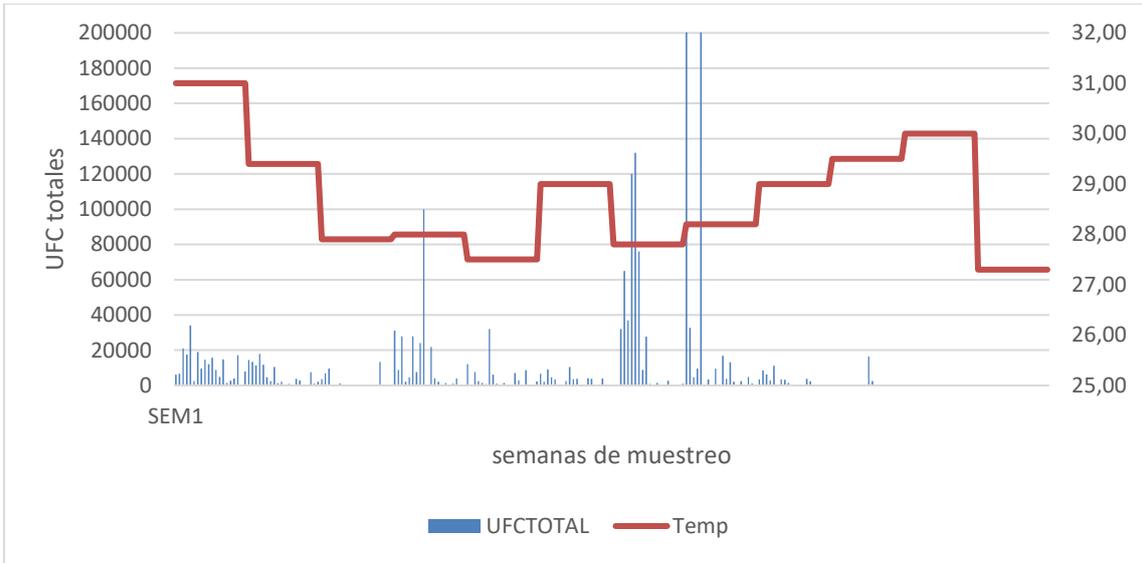


Figura 27: Variables ambientales en relación a UFC temperatura

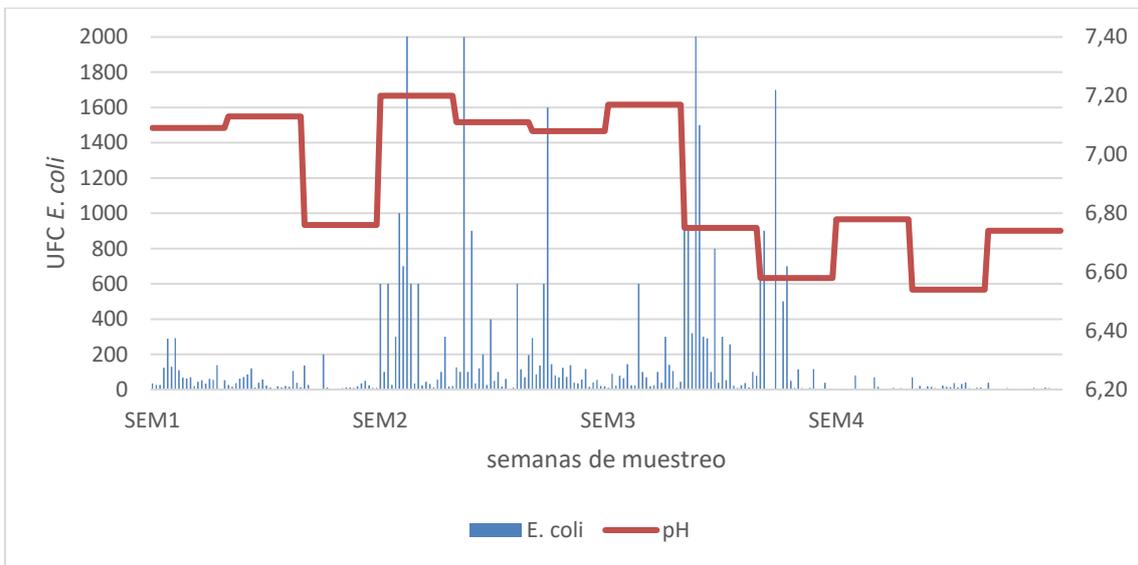


Figura 28: Variables ambientales en relación a UFC *E. coli*, pH

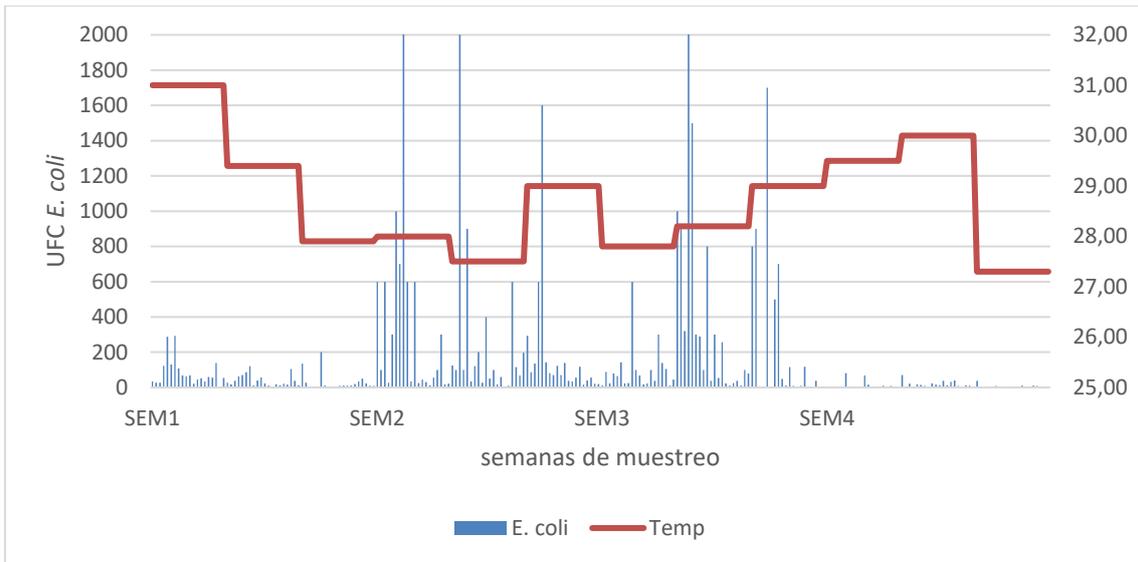


Figura 29: Variables ambientales en relación a UFC *E. coli*, temperatura



Facultad de
Ciencias del Mar
Biología Marina

MHCR-152-2023

La Libertad, 26 Julio 2023 del 2023

Ing.
Jimmy Villón Moreno, M.Sc.
Director Carrera de Biología
Presidente Comisión Titulación
FCM-UPSE

De mis consideraciones:

Por este medio de la presente confirmo que la estudiante **Génesis Nicole Velasco Quintero**, ha procedido a realizar las correcciones sugeridas a su trabajo de titulación, **Determinación de coliformes totales y *escherichia coli* en el balneario Aayangue, parroquia Colonche, provincia Santa Elena.**

Se agradece de antemano por la atención dada a la presente.

Blga. Maria Herminia Comejo Rodriguez, Ph.D.
Docente tutor FCM-UPSE

Cc: archivo

Dirección: Campus matriz La Libertad - prov. Santa Elena - Ecuador
Código Postal: 240204 - Teléfono: (05) 2-781732
www.upse.edu.ec

Escaneado con CamScanner