



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DR JACOBO BUCARAM ORTIZ
CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL**

TESIS

**EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN BIOLÓGICA DEL
RÍO MILAGRO DENTRO DEL PERÍMETRO URBANO DE LA
CIUDAD DE MILAGRO, GUAYAS, 2022**

**TIPO DE TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
AMBIENTAL**

**MONITOREO MANEJO Y CONSERVACIÓN DE LOS
RECURSOS NATURALES**

AUTOR

RODRÍGUEZ ACOSTA KEVIN AARON

TUTOR

ING. JOAQUIN MORÁN BAJAÑA, M,Sc.

**MILAGRO – ECUADOR
2025**



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL**

APROBACIÓN DEL TUTOR

El suscrito, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: **EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN BIOLÓGICA DEL RÍO MILAGRO DENTRO DEL PERÍMETRO URBANO DE LA CIUDAD DE MILAGRO, GUAYAS, 2022**, realizado por el estudiante **RODRIGUEZ ACOSTA KEVIN AARON**; con cédula de identidad N° **0928731090** de la carrera **INGENIERÍA AMBIENTAL**, Unidad Académica Milagro, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos y legales exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto, se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

Ing. Mórán Bajaña Joaquín, M.Sc

Milagro, 04 de Diciembre del 2024



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL**

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: “EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN BIOLÓGICA DEL RÍO MILAGRO DENTRO DEL PERÍMETRO URBANO DE LA CIUDAD DE MILAGRO, GUAYAS, 2022”, realizado por el estudiante RODRIGUEZ ACOSTA KEVIN AARON, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

PhD. Gavilánez Luna Freddy

PRESIDENTE

Ing, Peña Haro Cesar
EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. Morejón Troya Fernando, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

Milagro, 4 de Diciembre del 2024

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mí mismo, por no rendirme nunca, por enfrentar cada desafío con determinación y por mantener siempre la fe en mis capacidades. Este logro es el resultado de mi perseverancia y de la decisión firme de jamás caer, sin importar las dificultades. Agradezco cada lección aprendida en el camino, porque me han hecho más fuerte y me han permitido llegar hasta aquí.

AGRADECIMIENTO

Agradezco, a Dios por guiarme y darme salud en cada etapa de este proceso. A mis padres, por su amor y apoyo y a mi familia por ser la inspiración para salir adelante.

Autorización de Autoría Intelectual

Yo **Rodríguez Acosta Kevin Aaron**, en calidad de autor(a) del proyecto realizado, sobre **“Evaluación de la contaminación biológica del río milagro dentro del perímetro urbano de la ciudad de Milagro, Guayas, 2022”** para optar el título de **Ingeniero Ambiental**, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación. Los derechos que como autor(a) me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Milagro, 04 de Diciembre del 2024

RODRÍGUEZ ACOSTA KEVIN AARON
C.I 092873109-0

RESUMEN

Este estudio evaluó la contaminación biológica del río Milagro en el contexto de la creciente preocupación por la calidad del agua en cuerpos hídricos urbanos afectados por actividades humanas, utilizando como base el Acuerdo Ministerial 097-A (2015) que establece parámetros para agua de consumo y preservación acuática. El problema de investigación se centró en la identificación de los niveles de contaminación microbiológica y fisicoquímica del río, afectados por descargas urbanas no tratadas. El marco teórico incluyó el análisis de parámetros como coliformes fecales, *Escherichia coli*, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y Demanda Química de Oxígeno (DQO), todos indicadores clave de contaminación fecal y degradación orgánica. La metodología consistió en la recolección de muestras en cuatro puntos estratégicos del tramo urbano del río, analizando variables microbiológicas y fisicoquímicas con técnicas de laboratorio, comparando los resultados con los límites permisibles de la normativa ecuatoriana. Los resultados revelaron altas concentraciones de coliformes fecales y *E. coli* en puntos cercanos al Centro de Diálisis Milagro y CNEL Milagro, lo que indica una significativa contaminación fecal que sobrepasa los estándares de calidad, mientras que los puntos cercanos al Cementerio General mostraron menores niveles de contaminación. En conclusión, se confirmó la existencia de focos de contaminación importantes en el área urbana del río Milagro, subrayando la necesidad urgente de implementar medidas correctivas y de monitoreo continuo para mejorar la calidad del agua y proteger tanto la salud pública como los ecosistemas acuáticos.

Palabras clave: *contaminación biológica, calidad del agua, coliformes fecales, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), salud pública*

ABSTRACT

This assessed the biological contamination of the Milagro River in response to increasing concerns about water quality in urban water bodies affected by human activities, using Ministerial Agreement 097-A (2015) as a guideline for water intended for consumption and aquatic life preservation. The research problem focused on identifying microbiological and physicochemical contamination levels in the river, impacted by untreated urban discharges. The theoretical framework analyzed key indicators like fecal coliforms, *Escherichia coli*, Biochemical Oxygen Demand (BOD), and Chemical Oxygen Demand (COD), all of fecal contamination and organic matter degradation. The methodology involved sample collection at four strategic points along the river's urban section, with laboratory analysis of microbiological and physicochemical variables compared to Ecuadorian regulatory limits. The results showed high concentrations of fecal coliforms and *E. coli* near the Milagro Dialysis Center and CNEL Milagro, indicating significant fecal contamination exceeding permissible standards, while lower contamination levels were found near the General Cemetery. In conclusion, critical pollution hotspots were confirmed in the urban area of the Milagro River, highlighting the urgent need for corrective actions and continuous monitoring to improve water quality and protect both public health and aquatic ecosystems.

Keywords: *biological contamination, water quality, fecal coliforms, biochemical oxygen demand (BOD), public health*

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	13
1.1 Antecedentes del problema	13
1.2 Planteamiento y formulación del problema	14
1.2.1 Planteamiento del problema	14
1.2.2 Formulación del problema.....	15
1.3 Justificación de la investigación.....	15
1.4 Delimitación de la investigación.....	16
1.5 Objetivo general	16
1.6 Objetivos específicos	17
1.7 Hipótesis	17
2. MARCO TEÓRICO	18
2.1 Estado del Arte	18
2.2 Bases científicas y teóricas de la temática.....	20
2.2.1 <i>Parámetros físico químicos</i>	20
2.2.2 <i>pH</i>	21
2.2.3 <i>Sólidos totales</i>	22
2.2.4 <i>Temperatura</i>	22
2.2.5 <i>Contaminación biológica</i>	23
2.2.6 <i>DBO</i>	23
2.2.7 <i>DQO</i>	24
2.2.8 <i>Coliformes fecales</i>	24
2.2.9 <i>Enterococcus fecalis</i>	25
2.2.10. <i>Escherichia coli</i>	26
2.2.11. <i>Coliformes Totales</i>	26
2.3 Marco Legal	27
3. MATERIALES Y MÉTODOS	33

3.1 Enfoque de la investigación	33
3.1.1 <i>Tipo de investigación</i>	33
3.1.2 <i>Diseño de la investigación</i>	33
3.2 Metodología	33
3.2.1 <i>Variables</i>	33
3.2.2 <i>Diseño experimental</i>	34
3.2.3 <i>Recolección de datos</i>	34
3.2.4 <i>Métodos y técnicas</i>	34
3.2.5 <i>Análisis estadístico</i>	37
4. RESULTADOS	38
5. DISCUSIÓN	49
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	52
6.1 Conclusiones	52
6.2 Recomendaciones.....	52
7. REFERENCIAS	54
8. ANEXOS	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Parámetros y muestras analizadas</i>	36
Tabla 2 <i>Criterio de calidad de fuentes de agua para consumo doméstico</i>	37
Tabla 3 <i>Criterio de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces.</i>	37
Tabla.4 <i>Parámetros geográficos y meteorológicos In Situ en los puntos de muestreo</i>	38
Tabla.5 <i>Resultados obtenidos en laboratorio de parámetros físico-químico</i>	38
Tabla.6 <i>Resultados microbiológicos</i>	41
Tabla.7 <i>Resultados de laboratorio</i>	46
Tabla.8 <i>Estadísticas Descriptivas</i>	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura.1 Ubicación geográfica del estudio en el Cantón Milagro	35
Figura 2 Distribución exacta de los puntos de muestreo en el Cantón Milagro Adaptado de Google Maps	35
Figura 3 Valores DBO	39
Figura 4 Valores DQO	40
Figura 5 Valores de pH	40
Figura 6 Sólidos Totales Observados.....	41
Figura 7 Coliformes Fecales	42
Figura 8 Coliformes Totales (NMP/ml)	43
Figura.9 Escherichia coli (NMP/ml).....	44

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes del problema

El agua dulce es imprescindible para la vida, ningún ser vivo sobre la Tierra puede sobrevivir sin este líquido, pero esto se desequilibra cuando empieza a escasear cada día la disponibilidad de agua, debido al crecimiento notable de la población, la contaminación de los cuerpos hídricos y por su distribución desigual (Cobeña y González, 2020).

La contaminación del agua a lo largo del tiempo se ha convertido en un problema muy grave, se estima que el 40% de la población mundial no cuenta con acceso a los servicios de saneamiento adecuados y los países en vía de desarrollo sufren este gran impacto, puesto que alrededor del 90% de sus aguas residuales son descargadas de manera directa a los cuerpos de agua como ríos, lagos y zonas costeras (Baquerizo *et al.*, 2019).

El deterioro de la calidad del agua se ha convertido en motivo de preocupación a nivel mundial, puesto que cada vez más, el agua limpia escasea y escaseará aún más a medida que la demanda de la población y de la propia naturaleza aumente para sostener unos ecosistemas en grave peligro (Intriago y Quiroz, 2021).

La biodiversidad de agua dulce está disminuyendo al doble de la tasa de nuestros océanos o bosques, ochenta especies de agua dulce fueron declaradas extintas por la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN en el año 2020, mientras tanto, las poblaciones de peces de agua dulce migratorios se han reducido en un 76% desde 1970 y los mega peces en un catastrófico 94%" (World Wildlife Fund [WWF], 2021).

Para evaluar las características de los cuerpos de agua se pueden utilizar variables fisicoquímicas (i.e., temperatura, acidez o alcalinidad [pH], turbidez, sólidos disueltos y concentración de oxígeno) y químicas (i.e., demanda química de oxígeno [DQO] o demanda bioquímica de oxígeno [DBO], fosfatos, nitratos, metales pesados, presencia de biocidas y contaminantes emergentes). Las medidas de las variables son muy precisas, y con los avances tecnológicos más recientes, algunas se pueden automatizar. Sin embargo, estos análisis se refieren a una muestra instantánea, ya que reflejan la calidad al momento de tomar la muestra dentro de un sistema muy dinámico y cambiante" (Dominguez *et al.*, 2021, p. 935).

Oriente (2019) manifiesta que “uno de los principales problemas del Ecuador es que sus descargas de aguas residuales se dan directamente a sus ríos”, estudios que se han realizado a Ríos de las regiones Costa, Sierra y Amazonia, mostraron todos niveles importantes de *Escherichia Coli* y *Coliformes totales* (bacterias de heces humanas y animales) por encima del límite máximo según las legislaciones internacional y ecuatoriana.

Pauta *et al.*, (2020) alude que la evaluación de la calidad microbiológica de los ríos se realiza utilizando los indicadores tradicionales del grupo Coliforme: Coliformes totales, Coliformes termotolerantes o fecales, y *Escherichia coli* (*E. coli*). Estos microorganismos sirven como indicadores clave de la presencia de contaminación fecal y son fundamentales para la identificación de riesgos para la salud pública. En Ecuador, la normativa vigente que regula estos parámetros es el Acuerdo ministerial 097-A (2015), que establece los límites permisibles y los métodos de análisis adecuados para garantizar la seguridad y calidad del agua.

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1 Planteamiento del problema

Las aguas continentales han sido fundamentales para el desarrollo de sociedades y civilizaciones a lo largo de la historia. En la actualidad, con la globalización y la dinámica del mundo moderno, estas aguas superficiales se han visto afectadas por la contaminación causada por actividades humanas. Entre las principales fuentes de contaminación se encuentran las aguas residuales domésticas, industriales, agrícolas y ganaderas, así como el transporte de sustancias peligrosas y petróleo, la extracción minera y los residuos sólidos en rellenos sanitarios (García *et al.*, 2021).

Existen múltiples factores que contribuyen a la contaminación del agua, siendo la actividad humana uno de los más significativos. El calentamiento global, la utilización de pesticidas y la eliminación inadecuada de medicamentos, como arrojarlos al inodoro, son solo algunos ejemplos que exacerban la problemática del deterioro de los recursos hídricos, poniendo en riesgo la salud humana y los ecosistemas (Pathak *et al.*, 2022).

Los residuos sólidos orgánicos e inorgánicos en las zonas urbanas, rurales e industriales son causantes de problemas ambientales, muchos de los ríos a nivel mundial son perjudicados por estos desechos, lo que ocasiona un alto índice de

contaminación y como consecuencia la no disponibilidad de desarrollo de distintas formas de vida de los seres vivos (Baquerizo, Acuña y Solis, 2019).

De acuerdo a la investigación de Ubillús *et al.*, (2022) como se citó en (Quispe *et al.*, 2020) se puede determinar que la polución en los cuerpos de agua ha tenido repercusiones adversas en la salud pública, aumentando la incidencia de enfermedades gastrointestinales y resultando en entre 1 y 4 millones de muertes prematuras a nivel mundial en 2019.

La falta de los tratamientos de las aguas residuales sigue siendo uno de los grandes problemas que tiene el Ecuador. Ríos (2021), deduce que “la presencia de microplásticos en los ríos es un tema al que todavía no se le presta suficiente atención”. Este tipo de contaminación al llegar a los ríos con el paso del tiempo termina en las aguas del mar, perturbando gravemente la biodiversidad acuática.

En la ciudad de Milagro se ha evidenciado que el 95% de sus aguas aceleran la eutrofización, según estudios realizados mediante caracterización físicoquímica y microbiológica. Este río en el año 2016 no cumplió en todas las normativas respecto a sus parámetros (Fernandez, Fernandez, y Solis, 2016).

1.2.2 Formulación del problema

¿Cuáles son los niveles de contaminación biológica del río Milagro, dentro del perímetro urbano, establecido desde la iglesia San Pedro hasta el Cementerio general?

1.3 Justificación de la investigación

Muñoz y Wambanguito, (2022) hace mención que el análisis de la calidad del agua en los ríos es crucial dentro del marco de la evaluación ambiental, ya que estos cuerpos de agua no solo son fuentes vitales para la biodiversidad, sino que también funcionan como importantes reservorios de agua para consumo humano, ganadero, y para el riego de cultivos agrícolas, siendo además esenciales para la preservación de ecosistemas locales.

El agua de ríos utilizada para el consumo es contaminada por desechos humanos, animales o químicos es un vector de múltiples enfermedades, incluyendo cólera, fiebre tifoidea, shigella, poliomielitis, meningitis, hepatitis y diarrea. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2019) como lo cita (Moreira, 2020) se

estima que aproximadamente 842,000 personas mueren cada año por diarrea debido a la insalubridad del agua o a un saneamiento inadecuado.

La calidad del agua del río Milagro es de suma importancia, especialmente cuando se considera este recurso para las actividades humanas. La evaluación de este recurso hídrico no solo implica un análisis físico y químico, sino también una consideración de las variables biológicas que pueden afectar su idoneidad para el consumo. Andrés *et al.*, (2022) menciona que, "los parámetros físicos y químicos evaluados de forma conjunta generan un elevado volumen de datos sobre las propiedades físicas y químicas del agua", lo que permite identificar contaminantes específicos. Sin embargo, la ausencia de un enfoque integral que incluya la influencia de variables biológicas puede limitar la comprensión del impacto total de la contaminación, particularmente en lo que respecta a la vida acuática y la salud humana.

El presente trabajo se realiza con el objetivo de obtener datos específicos sobre la calidad del agua del río Milagro en la zona urbana del cantón Milagro, a través de la medición de parámetros biológicos, microbiológicos y fisicoquímicos. Este enfoque integral permitirá no solo localizar los principales focos de contaminación que contribuyen al deterioro del agua, sino también evaluar su idoneidad para el consumo humano. Al comprender mejor los factores que afectan la calidad del recurso hídrico, se busca prevenir problemas ambientales y de salud, garantizando una evaluación más completa y precisa del estado del río.

1.4 Delimitación de la investigación

- **Espacio:** el estudio se enfocó en el cantón Milagro de la provincia del Guayas, Ecuador.
- **Tiempo:** Dos meses.
- **Población:** población urbana del cantón Milagro

1.5 Objetivo general

Evaluar la contaminación biológica del Río Milagro en el tramo urbano de la ciudad de Milagro

1.6 Objetivos específicos

- Determinar los parámetros fisicoquímicos del agua del río Milagro en los variables pH, DBO, DQO y Solidos totales.
- Cuantificar la carga microbiana en el trayecto del área urbana de la ciudad de Milagro como indicador de la contaminación biológica presente.
- Identificar los focos de contaminación en el trayecto urbano del río Milagro.

1.7 Hipótesis

El agua del río Milagro sufre una importante contaminación biológica dentro de su trayecto urbano.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Estado del Arte

Un estudio sobre la calidad del agua en el río Tululbi-Ricaurte, ubicado en el cantón San Lorenzo, evaluó parámetros físico-químicos y microbiológicos en seis puntos estratégicos a lo largo del río. Estos puntos fueron seleccionados al inicio, centro y final del caudal. Los resultados se compararon con los valores de referencia del Acuerdo Ministerial N.º 097-Anexo 1, bajo los criterios de calidad para aguas destinadas al consumo humano y uso doméstico. El Índice de Calidad de Agua (ICA) fue calculado, y se realizó una correlación estadística entre los parámetros utilizando la prueba de "t" de Student con una significancia de $p = 0,05$. Se encontró que los parámetros de turbidez, sólidos totales, pH y conductividad estaban dentro del rango aceptable de calidad ambiental, mientras que la dureza y los coliformes totales superaron el límite máximo permisible. La mayoría de los parámetros mostró diferencias significativas al 5% de significancia. La evaluación detallada del recurso hídrico permitió caracterizar las muestras, concluyendo que el agua en el cantón San Lorenzo está levemente contaminada y requiere tratamiento de potabilización antes de su consumo (Oliveras, 2019).

El río Daule enfrenta amenazas significativas debido a descargas de aguas residuales de diversas fuentes. En un estudio realizado en la comuna Petrillo, cantón Nobol, durante los meses de enero y febrero de 2019, se evaluó la calidad del agua utilizando parámetros físico-químicos y macroinvertebrados acuáticos. Los resultados indicaron que el Índice de Calidad del Agua (ICA) de la National Sanitation Foundation (NSF) clasifica el agua en un estado de regular a mala, mientras que el índice BMWP/Col señaló una calidad de agua en un rango de crítica a muy crítica. La prueba estadística de Anderson-Darling reflejó que ambos índices difieren significativamente en su evaluación de la calidad del agua, mostrando una discrepancia en la interpretación de los resultados (ICA $p > 0.05$; BMWP/Col $p < 0.05$) (Baque, 2019).

Una investigación realizada en el cantón Junín evaluó la calidad del agua superficial del río Agua Fría mediante análisis físico-químicos y biológicos, con el objetivo de verificar el cumplimiento de los límites permisibles para consumo humano y uso doméstico según la normativa ambiental 097 A - Anexo 1. Se establecieron dos puntos de muestreo, uno cercano y otro lejano a una fuente de

contaminación (destilería), y se tomaron un total de 24 muestras durante junio y julio de 2022. El Índice de Calidad de Agua (ICA) reveló que el río Agua Fría tiene valores entre 92% y 94%, indicando en general la ausencia de contaminación. Sin embargo, cuatro parámetros presentaron valores de ICA menores al 50%: sólidos suspendidos totales, conductividad eléctrica, coliformes totales y dureza, siendo los dos últimos los únicos que no cumplían con los límites permisibles de la normativa. Se concluyó que el agua del río Agua Fría no es apta para consumo humano o uso doméstico sin un tratamiento previo de desinfección para reducir la dureza y eliminar coliformes; sin tratamiento, el agua solo puede ser utilizada con fines recreacionales y pecuarios (Pinargote, 2022)

En la ciudad de Tumbes, se investigó el impacto ambiental generado por el vertido de aguas residuales en el río Tumbes (Ubillús et al., 2022). Los hallazgos mostraron una elevada presencia de coliformes fecales, termo tolerantes y *E. coli*, superando los límites máximos permisibles establecidos por el Ministerio del Ambiente. Además, se detectaron altos niveles de DBO, DQO, aceites, grasas y sólidos suspendidos totales.

Un experimento realizado en el estuario del río Chone, Manabí, Ecuador, examinó la calidad del agua durante períodos de lluvia y sequía, analizando múltiples parámetros fisicoquímicos para determinar el impacto de los efluentes de camaroneras adyacentes. Los parámetros evaluados incluyeron temperatura, pH, oxígeno disuelto, salinidad, transparencia del agua, concentración de amonio, nitrito, nitrato, ortofosfato, sílice (como óxido de silicio), sulfuro de hidrógeno y la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5). Los resultados obtenidos se compararon con la normativa ambiental del TULSMA, Acuerdo ministerial 097-A (2015) revelando que, aunque la calidad del agua cumplía con los niveles establecidos para oxígeno disuelto, temperatura, salinidad, pH, nitrato y nitrito, la DBO5 durante pleamar superaba el límite permisible, indicando una alta descomposición de materia orgánica en ese estado del agua. Este análisis subraya la importancia de monitorear y gestionar las fuentes de contaminación para mantener la calidad del agua dentro de los parámetros ambientales aceptables (Delgado et al., 2020).

Una práctica elaborada sobre el río Guayllabamba, ubicado en el Distrito Metropolitano de Quito, analizó la calidad del agua durante el periodo 2013-2019, aplicando el índice simplificado de calidad de agua (ISQA). Se evaluaron

parámetros fisicoquímicos como temperatura, demanda química de oxígeno, sólidos suspendidos, oxígeno disuelto y conductividad eléctrica, mostrando variaciones significativas que indicaron una calidad de agua mala en varios años. La proyección realizada para el periodo 2020-2024 también sugiere una calidad deficiente, lo que resalta la necesidad de establecer sistemas de tratamiento de aguas residuales para su mejora (Iza, 2020).

En la determinación del índice en la calidad de las aguas de los ríos de Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. Se muestrearon 26 puntos por varios meses. Los parámetros fueron evaluados por criterios de calidad de fuentes de agua para el consumo humano y doméstico del libro IV del Tulsma, Acuerdo ministerial 097-A (2015) . Con los resultados obtenidos se concluyó que todos los ICAs (Índices de calidad de agua) arrojaron calidades similares para tres de los ríos estudiados. Los ríos Damas, Otongo y Mapali, son los que están en condiciones Buena para el consumo humano. El Damas, Otongo y Mapali cumplieron en todos los parámetros con la normativa ecuatoriana, por tanto que el río Pove incumple en DQO y coliformes fecales (García, *et al*, 2021).

Una tesis realizada en la cabecera cantonal de Palenque, en la provincia de Los Ríos, evaluó la calidad del agua del río Palenque a través de análisis físicos, bioquímicos y microbiológicos. Este trabajo de campo descriptivo utilizó un muestreo puntual según la norma INEN 2176 en diversos puntos del río. Los parámetros evaluados incluyeron la temperatura, pH, conductividad, color, olor, turbidez y sólidos totales; así como la DBO5, DQO y la presencia de coliformes fecales. Los resultados indicaron que, según los criterios de calidad del agua dulce establecidos por el TULSMA 097 A, el agua del río Palenque excede los límites permitidos para la demanda química y bioquímica de oxígeno, así como los parámetros microbiológicos. En respuesta a esta situación, se propuso un programa de capacitación para la comunidad, con el fin de mejorar la conservación del agua del río (Mairongo, 2022).

2.2 Bases científicas y teóricas de la temática

2.2.1 Parámetros físico químicos

El monitoreo de variables físico-químicas del agua consisten en la determinación periódica en muestras de agua. Esta metodología es muy útil puesto

que se busca evaluar la calidad de un agua y establecer planes para su gestionamiento.

Los parámetros fisicoquímicos, que pueden ser evaluados de forma individual o combinada, funcionan como indicadores clave para medir la calidad del agua. Estos parámetros se expresan a través de diferentes medios, como números, descripciones verbales, rangos, símbolos o colores, lo que facilita su interpretación y análisis en estudios ambientales y de gestión de recursos hídricos.

2.2.2 pH

El 'pH' es una medida matemática derivada de la concentración de iones de hidrógeno (H^+), que se utiliza para indicar la acidez o alcalinidad del agua de manera conveniente. La 'p' minúscula alude a 'potencial' o exponente, y el pH se define como el logaritmo negativo de la concentración de iones de hidrógeno, lo que permite una interpretación más sencilla en diversas aplicaciones científicas (Iñiguez, 2022).

Garcia, Arguello y Parra (2019) indican que el rango a medir el pH va desde 0 a 14, en el que los valores a partir de 0 a 7 indicaran soluciones acidas, si el valor está más cercano a 0 indicará más acidez, mientras que los valores que van desde 7 a 14 indicaran soluciones alcalinas, en este caso si los valores están más cercanos a 14 se indicará que es más alcalina esa sustancia. Si el valor nos da 7 se tratará de una sustancia cercana a la neutralidad.

Iñiguez (2022) manifiesta que las condiciones del agua se vuelven más ácidas a medida que el pH disminuye y más alcalinas o básicas a medida que el pH aumenta. En los ecosistemas de agua dulce, el pH puede variar considerablemente en marcos de tiempo diarios y estacionales, debido a factores ambientales. La mayoría de los animales que habitan en estos ecosistemas han evolucionado para adaptarse y tolerar un rango relativamente amplio de pH ambiental, lo que les permite sobrevivir en diversas condiciones acuáticas.

El pH del agua está principalmente influenciado por el equilibrio carbónico y la actividad de los microorganismos acuáticos, factores que son esenciales para mantener la salud del ecosistema. Antonio, (2020) manifiesta que, en los efluentes de agua dulce, el pH debería oscilar entre 6 y 9, lo que indica un agua que va de neutra a ligeramente alcalina. Este rango es crucial para asegurar un ambiente

adecuado para la vida acuática, permitiendo un desarrollo óptimo de los organismos y evitando condiciones adversas que puedan comprometer su supervivencia.

2.2.3 Sólidos totales

René y Campos, (2022) mencionan que, para evaluar adecuadamente la calidad del agua, es esencial conocer la cantidad de material sólido en una muestra. Los sólidos se definen como los residuos de material que permanecen en un recipiente después de que la muestra se haya evaporado y secado en una estufa a una temperatura establecida. Los sólidos totales incluyen tanto sales inorgánicas (como bicarbonatos, sulfatos, cloruros, fosfatos y carbonatos) como materia orgánica. Se clasifican según su tamaño y estado en sólidos suspendidos, disueltos y coloides; por sus características químicas en volátiles y fijos; y por su decantabilidad en sedimentables y no sedimentables.

El término sólido hace referencia generalmente a los materiales en suspensión o disueltos en aguas limpias o residuales, estos pueden llegar a afectar negativamente la calidad del agua. Los sólidos totales no son otra cosa más que a la cantidad de residuos que quedan en un recipiente luego que se realice la evaporación de una muestra y su consecuente secado en una estufa a una temperatura definida.

René y Campos (2022) explica que "los sólidos totales disueltos (STD) indican la presencia de sales disueltas, así como partículas en suspensión tanto de carácter orgánico como inorgánico. Con los sólidos, es posible establecer relaciones con otras variables, tales como la DBO y la DQO, generando resultados más fiables".

Los sólidos disueltos totales es el material de residuo que queda luego de que se haya realizado una evaporación a una muestra de agua. El agua debe ser filtrada previamente a través de un elemento de fibra de vidrio con una abertura de 1.5 micras, para esto se necesita una temperatura de 180 °C donde se obtienen los materiales sólidos restantes de la muestra y estos deben registrarse en su reporte en mg/L.

2.2.4 Temperatura

El grado de frío o calor del agua se mide para proporcionar datos auxiliares que permiten realizar otras determinaciones, como la conductividad

eléctrica, la actividad biológica y la concentración de oxígeno disuelto (OD). Estas variables, asociadas con la temperatura, pueden provocar alteraciones significativas en el desarrollo de la flora y fauna presentes en un recurso hídrico, incrementando el potencial tóxico de ciertas sustancias disueltas en el agua, lo que puede afectar la calidad ambiental y la salud de los ecosistemas (René y Campos, 2022).

La temperatura es un parámetro esencial en la evaluación de la calidad del agua, está directamente relacionada con la energía térmica de la muestra, influyendo en la energía cinética de sus moléculas. Las variaciones en la temperatura pueden afectar la solubilidad de los gases, la velocidad de las reacciones químicas y la vida acuática, haciendo imprescindible su monitoreo para entender las dinámicas del ecosistema y la calidad del agua (Ortiz, 2021).

2.2.5 Contaminación biológica

La contaminación biológica se manifiesta cuando organismos vivos descomponen elementos esenciales del suelo, agua y aire, generando un impacto negativo en los seres vivos que habitan dichos entornos. Este tipo de contaminación, impulsada principalmente por parásitos, bacterias, virus y hongos, representa riesgos significativos para la salud, llegando a provocar enfermedades graves o incluso la muerte (Twenergy, 2020). Algunos insectos pueden actuar como vectores de agentes contaminantes, exacerbando los problemas de contaminación biológica al transmitir estos patógenos y agravando el deterioro ambiental.

La contaminación biológica es causada por organismos que cumplen un determinado ciclo de vida, estos para determinar dicho ciclo residen en entornos en los que son capaces de degradar la calidad del aire, suelo, agua y alimentos (Portillo, 2020).

2.2.6 DBO

La DBO mide la oxidación química de la materia inorgánica, esto se da cuando se extrae el oxígeno del agua mediante reacción química. La concentración del dbo afecta directamente la disponibilidad del oxígeno disuelto en el agua de los ríos y corrientes (Navarro, 2022).

Chaparro, (2020) señala que la DBO mide la cantidad de oxígeno requerido por los microorganismos para descomponer materia orgánica en el agua. Al recoger

muestras cerca de la descarga, se asegura que los valores de DBO reflejen el impacto directo de las aguas residuales en el caudal, permitiendo una evaluación adecuada del cumplimiento con los límites normativos y garantizando la protección del ecosistema acuático

2.2.7 DQO

Este parámetro, que mide la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar la materia orgánica bajo condiciones controladas de un agente oxidante específico, temperatura y tiempo, es crucial para evaluar el impacto ambiental. Específicamente, la Demanda Química de Oxígeno (DQO) es utilizada para determinar la carga contaminante de un cuerpo de agua, lo que es fundamental para calcular las descargas de efluentes domésticos e industriales. Además, permite evaluar el efecto de estos efluentes sobre la calidad de las aguas en los cuerpos receptores, siendo esencial para la gestión ambiental y la preservación de los ecosistemas acuáticos (Jiménez y Suárez, 2021).

La demanda química de oxígeno es un parámetro que se lo utiliza para gestionar la recuperación y restauración de las aguas. La DQO representa la cantidad de oxígeno que se requiere para descontaminar un agua, de forma general se puede decir que esta representa a los compuestos oxidables (Meza y Ñahuinripa, 2019).

Chacchi (2019) deduce que en las aguas residuales e industriales es cada vez más usual encontrar altas cargas de contaminantes que no se pueden tratar con métodos convencionales, por ende el tratamiento del DQO comprende de un tratamiento específico en el que se requiere de oxígeno para poder oxidar la materia orgánica presente en el las aguas a tratar.

2.2.8 Coliformes fecales

Los coliformes fecales son un grupo de bacterias preenteen el ambiente, en el material de las plantas y del suelo, pero sobre todo se encuentran en el tracto digestivo de los animales y humanos y se perfilan en sus desechos fecales (Swistock, 2020).

Los coliformes son un grupo de bacterias gram negativas, anaeróbicas facultativas y no esporuladas. Estas bacterias se encuentran habitualmente en el ambiente acuático, en el suelo, la vegetación y en los intestinos de los mamíferos,

incluidos los humanos, desempeñando un papel importante en la evaluación de la calidad del agua y la salud ambiental (Chavarría *et al.*, 2023).

Los coliformes totales son bacilos Gram negativos que pueden ser tanto aerobios como anaerobios facultativos. Estos microorganismos son capaces de desarrollarse en presencia de sales biliares y tienen la habilidad de fermentar la lactosa, produciendo ácido, gas y aldehído en un rango de 24 a 48 horas. Estos coliformes se encuentran tanto en las heces como en el ambiente, ya sea en el suelo o en cuerpos de agua, lo que los hace indicadores importantes de contaminación ambiental (René y Campos, 2022).

Los coliformes fecales o termo tolerantes se distinguen de los coliformes totales porque son indoles positivos y tienen la capacidad de soportar temperaturas extremadamente altas. Estos organismos son considerados los indicadores más fiables de higiene en alimentos y agua. La detección de estos microorganismos sugiere la presencia de contaminación fecal, ya sea de origen humano o animal, debido a que las heces contienen coliformes presentes en la flora intestinal, siendo *Escherichia coli* (*E. coli*) la especie más representativa, abarcando entre el 90% y el 100%

2.2.9 *Enterococcus faecalis*

E. Faecalis son microorganismos anaerobios facultativos, inmóvil, catalasa negativa o débilmente positiva, con capacidad para fermentar glucosa y otros carbohidratos con producción de ácido láctico, pero sin gas (Gil, 2022).

Los enterococos son microorganismos anaerobios facultativos grampositivos. El *Enterococcus faecalis* y el *E. faecium* causan diversas infecciones entre ellas endocarditis, infecciones urinarias e intraabdominales, prostatitis, celulitis e infecciones de las heridas, así como bacteriemias concurrentes (Bush, 2021).

El *Enterococcus faecalis* es un microorganismo que reside en el microbiota de las vías intestinales y biliares, *E. faecalis* perteneció al género *Streptococcus* del grupo D, pero recientemente fue clasificado en su propio género, denominado *Enterococcus*. Son fuente frecuente de infecciones a nivel hospitalario y de la comunidad (Gil, 2022).

2.2.10. *Escherichia coli*

Escherichia coli es una bacteria de la familia *Enterobacteriaceae*. Entre las *E. coli* patogénicas, se identifican seis serogrupos, siendo el enterohemorrágico (EHEC) de especial importancia global, debido principalmente a su capacidad para producir dos potentes citotoxinas conocidas como toxina de Shiga (Stx) 1 y 2, lo que lo convierte en un patógeno de gran relevancia en salud pública.

Una de las alternativas más eficaces para el control de la calidad microbiológica en recursos hídricos es la enumeración de *Escherichia coli* como indicador de contaminación fecal. *E. coli* es una bacteria que, debido a su comportamiento similar al de otros patógenos, se encuentra en concentraciones comparables en las aguas contaminadas. Su presencia es indicativa de contaminación fecal reciente, lo que la convierte en un parámetro crucial para la evaluación de la calidad del agua. Además, su identificación y cuantificación resultan ser procesos relativamente sencillos, rápidos y económicos en comparación con la detección de otros patógenos más específicos. La capacidad de *E. coli* para sobrevivir en entornos acuáticos también proporciona una estimación fiable del nivel de contaminación fecal y, por ende, del riesgo sanitario asociado al uso de estos recursos (Vizcarra, 2020).

2.2.11. *Coliformes Totales*

Los coliformes totales son un grupo de bacterias capaces de fermentar la lactosa a temperaturas entre 35-37 °C, produciendo gas, ácido y aldehído como subproductos. Aunque inicialmente se pensaba que los coliformes totales eran exclusivamente bacterias de origen intestinal, se ha demostrado que también pueden encontrarse en el ambiente, como en aguas enriquecidas e incluso en aguas potables de buena calidad. La medición de coliformes totales se utiliza como un indicador para estimar la calidad del agua potable en los sistemas de distribución y para detectar posibles focos de Re contaminación. Aunque la presencia de coliformes totales no indica necesariamente contaminación fecal, sí revela que el agua o los alimentos han estado expuestos a una fuente de contaminación ambiental, lo que podría implicar un riesgo sanitario Pauta et al. (2020).

Pauta et al. (2020) menciona que generalmente, la calidad microbiológica de los ríos se evalúa mediante el uso de indicadores tradicionales pertenecientes al grupo Coliforme, los cuales incluyen *Coliformes totales*, *Coliformes termotolerantes o fecales*, y *Escherichia Coli (E. Coli)*. Estos microorganismos están definidos en la

normativa vigente de Ecuador, conocida como 'Texto Unificado de la Legislación Secundaria en Medio Ambiente' (TULSMA)."

2.3 Marco Legal

2.3.1 Ley de la constitución de la república del Ecuador (2008).

Título II. Derechos. Capítulo II: Del buen vivir. Sección I. Aguay Alimentación.

Art. 12.- El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida (Constitucion de la Republica del Ecuador, 2008)

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 (Constitucion de la Republica del Ecuador, 2008).

Título II. Derechos. Capítulo VI: Derechos de libertad.

Art. 66.- Se reconoce y garantizará a las personas: El derecho a una vida digna, que asegure la salud, alimentación y nutrición, agua potable, vivienda, saneamiento ambiental, educación, trabajo, empleo, descanso y ocio, cultura física, vestido, seguridad social y otros servicios sociales necesarios (Constitución de la República del Ecuador, 2008)

Título V. Organización Territorial Del Estado. Capítulo VI. Régimen de competencias

Art. 264.- Los gobiernos municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley: Prestar los servicios 47públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

Título VI. Régimen de desarrollo. Capítulo I. Principios Generales.

Art. 276.- El régimen de desarrollo tendrá los siguientes objetivos: Recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural (Constitución de la República del Ecuador 2008).

Título VI. Régimen de desarrollo.

Capítulo VI. Sección Octava. Sistema financiero.

Art. 318.- El agua es patrimonio nacional estratégico de uso público, dominio inalienable e imprescriptible del Estado, y constituye un elemento vital para la naturaleza y para la existencia de los seres humanos. Se prohíbe toda forma de privatización del agua. La gestión del agua será exclusivamente pública o comunitaria. El servicio público de saneamiento, el abastecimiento de agua potable y el riego serán prestados únicamente por personas jurídicas estatales o comunitarias. El Estado fortalecerá la gestión y funcionamiento de las iniciativas comunitarias en torno a la gestión del agua y la prestación de los servicios públicos, mediante el incentivo de alianzas entre lo público y

comunitario para la prestación de servicios. El Estado, a través de la autoridad única del agua, será el responsable directo de la planificación y gestión de los recursos hídricos que se destinarán a consumo humano, riego que garantice la soberanía alimentaria, caudal ecológico y actividades productivas, en este orden de prelación.

Se requerirá autorización del Estado para el aprovechamiento del agua con fines productivos por parte de los sectores público, privado y de la economía popular y solidaria, de acuerdo con la ley (Constitución de la República del Ecuador 2008).

Título VII. Régimen Del Buen Vivir. Capítulo segundo. Sección sexta Agua. Art. 411.- El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua. La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua (Constitución de la República del Ecuador 2008).

2.3.2 Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del agua (2014).

Capítulo II Institucionalidad y Gestión De Los Recursos Hídricos. Cuarta Sección, Servicios Públicos.

Art. 38.- Prohibición de autorización del uso o aprovechamiento de aguas residuales. La Autoridad Única del Agua no expedirá autorización de uso y aprovechamiento de aguas residuales en los casos que obstruyan, limite o afecten la ejecución de proyectos de saneamiento público o cuando incumplan con los parámetros en la normativa para cada uso. (Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua, 2014).

Título III. Derechos, Garantías Y Obligaciones. Capítulo I. Derecho Humano al Agua.

Art. 57.- Definición. El derecho humano al agua es el derecho de todas las personas a disponer de agua limpia, suficiente, salubre, aceptable, accesible y asequible para el uso personal y doméstico en cantidad, calidad, continuidad y cobertura. Forma parte de este derecho el acceso al saneamiento ambiental que asegure la dignidad humana, la salud, evite la contaminación y garantice la calidad de las reservas de agua para consumo humano. El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. Ninguna persona puede ser privada y excluida o despojada de este derecho. El ejercicio del derecho humano al agua será sustentable, de manera que pueda ser ejercido por las futuras generaciones. La Autoridad Única del Agua definirá reservas de agua de calidad para el consumo humano de las presentes y futuras generaciones y será responsable de la ejecución de las políticas relacionadas con la efectividad del derecho humano al agua.

Título III. Derechos. Garantías Y Obligaciones. Capítulo III Derechos de la Naturaleza. Art. 64.- Conservación del agua. La naturaleza o Pacha Mama tiene derecho a la conservación de las aguas con sus propiedades como soporte esencial para todas las formas de vida. En la conservación del agua, la naturaleza tiene derecho a:

a) La protección de sus fuentes, zonas de captación, regulación, recarga, afloramiento y cauces naturales de agua, en particular, nevados, glaciares, páramos, humedales y manglares.

b) El mantenimiento del caudal ecológico como garantía de preservación de los ecosistemas y la biodiversidad.

c) La preservación de la dinámica natural del ciclo integral del agua o ciclo hidrológico.

d) La protección de las cuencas hidrográficas y los ecosistemas de toda contaminación.

e) La restauración y recuperación de los ecosistemas por efecto de los desequilibrios producidos por la contaminación de las aguas y la erosión de los suelos.

Título III. Derechos. Garantías Y Obligaciones. Capítulo VI Garantías Preventivas.

Sección Segunda Objetivos de Prevención y Control de la Contaminación del Agua

Art. 79.- Objetivos de prevención y conservación del agua.- La Autoridad Única del Agua, la Autoridad Ambiental Nacional y los Gobiernos Autónomos Descentralizados, trabajarán en coordinación para cumplir los siguientes objetivos:

a) Garantizar el derecho humano al agua para el buen vivir o sumak kawsay, los derechos reconocidos a la naturaleza y la preservación de todas las formas de vida, en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado y libre de contaminación; b) Preservar la cantidad del agua y mejorar su calidad;

c) Controlar y prevenir la acumulación en suelo y subsuelo de sustancias tóxicas, desechos, vertidos y otros elementos capaces de contaminar las aguas superficiales o subterráneas; d) Controlar las actividades que puedan causar la degradación del agua y de los ecosistemas acuáticos y terrestres con ella relacionados y cuando estén degradados disponer su restauración;

e) Prohibir, prevenir, controlar y sancionar la contaminación de las aguas mediante vertidos o depósito de desechos sólidos, líquidos y gaseosos; compuestos orgánicos, inorgánicos o cualquier otra sustancia tóxica que alteren la calidad del agua o afecten la salud humana, la fauna, flora y el equilibrio de la vida;

f) Garantizar la conservación integral y cuidado de las fuentes de agua delimitadas y el equilibrio del ciclo hidrológico; y,

g) Evitar la degradación de los ecosistemas relacionados al ciclo hidrológico.

Art. 80.- Vertidos: prohibiciones y control. Se consideran como vertidos las descargas de aguas residuales que se realicen directa o indirectamente en el dominio hídrico público. Queda prohibido el vertido directo o indirecto de aguas o productos residuales, aguas servidas, sin tratamiento y lixiviados susceptibles de contaminar las aguas del dominio hídrico público. La Autoridad Ambiental Nacional ejercerá el control de vertidos en coordinación con la Autoridad Única del Agua y los Gobiernos Autónomos Descentralizados acreditados en el sistema único de manejo ambiental. Es responsabilidad de los gobiernos autónomos municipales el tratamiento de las aguas servidas y desechos sólidos, para evitar la contaminación de las aguas de las aguas de conformidad con la ley.

2.3.3 Ley orgánica de salud

Libro II. Salud y seguridad ambiental disposición común.

Art. 95.- La autoridad sanitaria nacional en coordinación con el Ministerio de Ambiente, establecerá las normas básicas para la preservación del ambiente en materias relacionadas con la salud humana, las mismas que serán de

cumplimiento obligatorio para todas las personas naturales, entidades públicas, privadas y comunitarias. El Estado a través de los organismos competentes y el sector privado está obligado a proporcionar a la población, información adecuada y veraz respecto del impacto ambiental y sus consecuencias para la salud individual y colectiva. (Ley orgánica de salud, 2015).

Título Único. Capítulo II. De los desechos comunes, infecciosos, especiales y de las radiaciones ionizantes y no ionizantes.

Art. 102.- Es responsabilidad del Estado, a través de los municipios del país y en coordinación con las respectivas instituciones públicas, dotar a la población de sistemas de alcantarillado sanitario, pluvial y otros de disposición de excretas y aguas servidas que no afecten a la salud individual, colectiva y al ambiente; así como de sistemas de tratamiento de aguas servidas.

Art. 103.- Se prohíbe a toda persona, natural o jurídica, descargar o depositar aguas servidas y residuales, sin el tratamiento apropiado, conforme lo disponga en el reglamento correspondiente, en ríos, mares, canales, quebradas, lagunas, lagos y otros sitios similares. Se prohíbe también su uso en la cría de animales o actividades agropecuarias. Los desechos infecciosos, especiales, tóxicos y peligrosos para la salud, deben ser tratados técnicamente previo a su eliminación y el depósito final se realizará en los sitios especiales establecidos para el efecto por los municipios del país. Para la eliminación de desechos domésticos se cumplirán las disposiciones establecidas para el efecto. Las autoridades de salud, en coordinación con los municipios, serán responsables de hacer cumplir estas disposiciones.

2.3.4 Acuerdo ministerial 061 (2015)

Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria Capítulo VIII Calidad de los componentes bióticos y abióticos. Sección I. Disposiciones generales.

Art. 196.- De las autorizaciones de emisiones, descargas y vertidos.- Los Sujetos de Control deberán cumplir con el presente Libro y sus normas técnicas. Así mismo, deberán obtener las autorizaciones administrativas ambientales correspondientes por parte de la Autoridad Ambiental Competente. En ningún caso la Autoridad Ambiental Competente otorgará autorizaciones administrativas ambientales cuando las emisiones, descargas y vertidos sobrepasen los límites permisibles o los criterios de calidad correspondientes establecidos en este Libro, en las normas técnicas o en los anexos de aplicación. En caso de que la actividad supere los límites permisibles se someterá al procedimiento sancionatorio establecido en este Libro. No se autorizarán descargas ya sean aguas servidas o industriales, sobre cuerpos hídricos, cuyo caudal mínimo anual, no pueda soportar la descarga; es decir, sobrepase la capacidad de carga del cuerpo hídrico. La determinación de la capacidad de carga del cuerpo hídrico será establecida por la Autoridad Única del Agua en coordinación con la Autoridad Ambiental Nacional (Acuerdo Ministerial No 061, 2015).

Sección III Calidad de componentes Abióticos. Parágrafo I. Del agua.

Art. 209.- De la calidad del agua.- Son las características físicas, químicas y biológicas que establecen la composición del agua y la hacen apta para satisfacer la salud, el bienestar de la población y el equilibrio ecológico. La evaluación y control de la calidad de agua, se la realizará con procedimientos analíticos, muestreos y monitoreos de descargas, vertidos y cuerpos

receptores En cualquier caso, la Autoridad Ambiental Competente, podrá disponer al Sujeto de Control responsable de las descargas y vertidos, que realice muestreos de sus descargas así como del cuerpo de agua receptor. Toda actividad antrópica deberá realizar las acciones preventivas necesarias para no alterar y asegurar la calidad y cantidad de agua de las cuencas hídricas, la alteración de la composición físico- química y biológica de fuentes de agua por efecto de descargas y vertidos líquidos o disposición de desechos en general u otras acciones negativas sobre sus componentes, conllevará las sanciones que correspondan a cada caso.

Art. 210.- Prohibición.- De conformidad con la normativa legal vigente:

a) Se prohíbe la utilización de agua de cualquier fuente, incluida las subterráneas, con el propósito de diluir los efluentes líquidos no tratados; b) Se prohíbe la descarga y vertido que sobrepase los límites permisibles o criterios de calidad correspondientes establecidos en este Libro, en las normas técnicas o anexos de aplicación;

c) Se prohíbe la descarga y vertidos de aguas servidas o industriales, en quebradas secas o nacimientos de cuerpos hídricos u ojos de agua; y,

d) Se prohíbe la descarga y vertidos de aguas servidas o industriales, sobre cuerpos hídricos, cuyo caudal mínimo anual no esté en capacidad de soportar la descarga; es decir que, sobrepase la capacidad de carga del cuerpo hídrico. La Autoridad Ambiental Nacional, en coordinación con las autoridades del Agua y agencias de regulación competentes, son quienes establecerán los criterios bajo los cuales se definirá la capacidad de carga de los cuerpos hídricos mencionados.

Art. 211.- Tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales.- La Autoridad Ambiental Competente en coordinación con la Agencia de Regulación y Control del Agua, verificará el cumplimiento de las normas técnicas en las descargas provenientes de los sistemas de tratamiento implementados por los Gobiernos Autónomos Descentralizados. Las actividades productivas, se sujetarán a lo dispuesto en el presente Libro y a la normativa técnica que para el efecto emita la Autoridad Ambiental Nacional. La gestión y el mantenimiento de sistemas de tratamiento de agua deberán ser monitoreados y evaluados por medio de los mecanismos de control y seguimiento establecidos en este Libro.

2.3.5 Acuerdo ministerial 097-A (2015)

Anexo 1. Del Libro VI Del Texto Unificado De Legislación Secundaria Del Ministerio Del Ambiente: Norma De Calidad Ambiental Y De Descarga De Efluentes Al Recurso Agua Norma De Calidad Ambiental Y De Descarga De Efluentes: Recurso Agua.

Clasificación

Normas generales de descarga de efluentes

1. Normas generales para descarga de efluentes, tanto al sistema de alcantarillado como a los cuerpos de agua.
2. Límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para descarga de efluentes al sistema de alcantarillado.
3. Límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para descarga de efluentes a un cuerpo de agua o receptor
4. Permisos de descarga
 - Descarga a un cuerpo de agua dulce.
 - Descarga a un cuerpo de agua marina.

**Normas generales para descarga de efluentes a cuerpos de agua dulce.
Principios básicos para descarga de efluentes.**

De acuerdo con su caracterización toda descarga puntual al sistema de alcantarillado y toda descarga puntual o no puntual a un cuerpo receptor, deberá cumplir con las disposiciones de esta Norma. (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015).

Normas generales para descarga de efluentes a cuerpos de agua dulce.

Dentro del límite de actuación, los municipios tendrán la facultad de definir las cargas máximas permisibles a los cuerpos receptores de los sujetos de control, como resultado del balance de masas para cumplir con los criterios de calidad para defensa de los usos asignados en condiciones de caudal crítico y cargas contaminantes futuras. Estas cargas máximas serán aprobadas y validadas por la Autoridad Ambiental Nacional y estarán consignadas en los permisos de descarga.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Enfoque de la investigación

3.1.1 Tipo de investigación

El presente trabajo investigativo es de carácter descriptivo, se enfoca en la toma de muestras sobre la realidad de los hechos con el fin de obtener información que determine los focos de contaminación biológica del Río Milagro en el sector urbano del cantón Milagro.

Se lo realizó mediante la recolección de datos cualitativos y cuantitativos de las aguas del río Milagro para evaluarlos.

3.1.2 Diseño de la investigación

El diseño que se empleó en este trabajo es de campo, la toma de las muestras para obtención de los datos, fueron recopilados en 4 puntos estratégicos por donde atraviesa el río Milagro dentro del perímetro urbano del cantón Milagro en el tramo desde la iglesia de San Pedro hasta el cementerio general lo cual comprende aproximadamente 1 kilómetro de extensión longitudinal.

Se realizó un análisis estadístico descriptivo donde se detallan cualitativa y cuantitativamente los parámetros evaluados.

3.2 Metodología

3.2.1 Variables

3.2.1.1 Variable Independiente

- Focos de contaminación por la determinación de no cumplimiento del cuerpo de agua con los parámetros físico químicos y biológicos a evaluar.

3.2.1.2 Variable Dependiente

- pH del agua
- Sólidos totales
- Temperatura
- DBO
- DQO
- Coliformes fecales
- Coliformes Totales

- *E. coli*

3.2.2 Diseño experimental

El presente trabajo se realizó bajo un diseño no experimental, ya que los datos obtenidos se basaron en métodos descriptivos. Los resultados fueron presentados en tablas, cuadros y figuras, expresados en unidades como mg/L, NMP/1000 mL (Número Más Probable de coliformes por 1000 mL), CFU/mL (Unidades Formadoras de Colonias por mililitro), y otras unidades pertinentes según los parámetros analizados. Este enfoque permitió describir y analizar de manera precisa las condiciones de calidad del agua a lo largo del trayecto del Río Milagro.

3.2.3 Recolección de datos

3.2.3.1 Recursos

Recursos materiales

- Equipos portátiles para mediciones de pH
- GPS
- Termómetro
- Frascos de vidrio
- Cinta o etiqueta adhesiva
- Planillas de registro (cuaderno)
- Lápiz
- Cajas conservadoras
- Equipos de laboratorio

Recursos humanos

- Estudiante
- Tutor

Recursos económicos

- gastos que cubre el estudiante

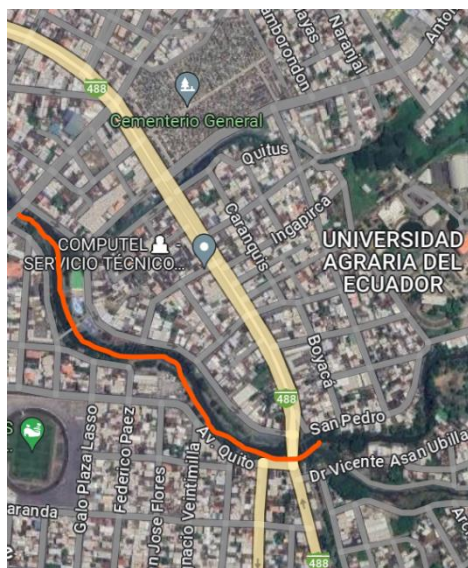
3.2.4 Métodos y técnicas

Este proyecto se llevó a cabo en la parte urbana del Cantón Milagro, provincia de Guayas, Ecuador, a lo largo del trayecto que se extiende desde la Iglesia de San Pedro hasta el Cementerio General, por donde atraviesa el caudal del río Milagro. Las coordenadas geográficas exactas de la zona de estudio son [coordenadas], con una temperatura registrada de 23 °C. Esta zona geográfica se

observa en la Figura 1, que ilustra el área específica del estudio. Durante el proyecto, se evaluó la contaminación biológica mediante la determinación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en este sector.

Figura 1.

Ubicación geográfica del estudio en el Cantón Milagro.

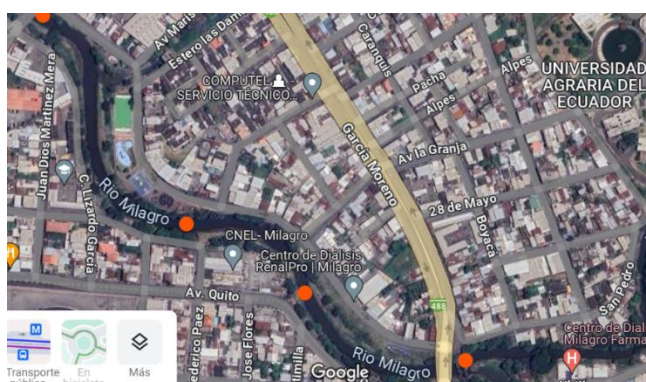


Nota: el grafico muestra la longitud del tramo evaluado por donde atraviesa el caudal del Río Milagro referenciado con color naranja. Fuente: Google maps, (2022).

Se realizó la identificación de 4 puntos claves donde se efectuó la toma de muestras en un mismo día, se tomaron en cuenta las zonas más vulnerables a contaminarse de forma biológica del río Milagro en el tramo desde la iglesia de San Pedro hasta el cementerio general, el la Figura 2, se muestran los puntos en los que se tomaron las muestras de agua.

Figura 2.

Distribución exacta de los puntos de muestreo en el Cantón Milagro. Adaptado de Google Maps (2024).



Nota: La ilustración del mapa muestra los puntos donde se tomaron las muestras de agua para ser evaluadas y está identificados por los puntos color naranja. Fuente: Google maps, (2022).

Los análisis realizados en el laboratorio y la cantidad de muestras están determinados en la tabla 1.

Tabla 1

Parámetros y muestras analizadas

Parámetro	Unidad	Técnica	Método de ensayo	Muestras
Coliformes Fecales	ufc/100mL	Número más probable	SM 9221 B, 9221 E	4
Coliformes totales	ufc/100mL	Número más probable	SM 9221 B, 9221 C	4
pH	Unidades pH	Electrometría	SM 4500- H+ B	4
DBO	mg/L	Volumetría	SM 5210 B	4
DQO	mg/L	Reflujo cerrado Espectrofotometría	SM 5220 D	4
Temperatura	°C		SM 2550 B	4
Sólidos totales	mg/L	Gravimetría	SM 2540 B	4

Rodríguez, 2024

Este análisis se llevó a cabo siguiendo las directrices de calidad ambiental y se contrastó con normativas relevantes, el Acuerdo Ministerial 097-A. En la tabla 2 se muestran los valores establecidos para el criterio de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico, en la Tabla 3 se muestran los criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces según las variables a evaluar.

Tabla 2*Criterio de calidad de fuentes de agua para consumo doméstico*

Parámetro	Expresado como	Unidad	Criterio de calidad
Coliformes fecales	NMP	NMP/100 ml	1000
Demanda Química de oxígeno	DQO	mg/l	<4
Demanda bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO	mg/l	<2
Potencial hidrógeno	pH	Unidades de pH	6-9

Nota: Acuerdo ministerial 097-A (2015)**Tabla 3.***Criterio de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces.*

Parámetros	Expresados como	Unidad	Criterio de calidad
DQO	DQO	mg/l	40
DBO	DBO	mg/l	20
Potencial Hidrogeno	pH	Unidades de Ph	6,5 – 9

Nota: Acuerdo ministerial 097-A (2015)**3.2.5 Análisis estadístico**

Para la valoración cuantitativa de los datos obtenidos en el trayecto del Río Milagro, desde la iglesia de San Pedro hasta el Cementerio General, se utilizaron estadígrafos descriptivos, incluyendo medidas de tendencia central (media, mediana) y medidas de dispersión (desviación estándar, rango). Estas herramientas permitieron caracterizar y resumir los diferentes parámetros fisicoquímicos y microbiológicos evaluados bajo los criterios del Acuerdo ministerial 097-A (2015), tales como Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), pH, Sólidos Totales, E. coli, Coliformes Fecales, Coliformes Totales y Temperatura

4. RESULTADOS

4.1 Parámetros fisicoquímicos del agua del río Milagro en los variables pH, DBO, DQO y Sólidos Totales.

Se llevó a cabo la toma de muestras en los puntos establecidos en el sector urbano por donde atraviesa el caudal del río Milagro mencionados en la Tabla 5, con el objetivo de determinar las condiciones en la que se realizó esta actividad tomando en consideración las condiciones meteorológicas y los parámetros geográficos.

Tabla 4.

Parámetros geográficos y meteorológicos In Situ en los puntos de muestreo

Puntos de muestreo	Hora de toma de muestra	Coordenadas geográficas		Temperatura °c	Precipitaciones
P1	09:47	2° 8' 6.24" S	79° 35' 3.47" W	26 °c	Ausencia
P2	10:22	2° 8' 5.00" N	79° 35' 13.06" W	26 °c	Ausencia
P3	10:53	2° 8' 0.87" S	79° 35' 18.49" W	26 °c	Ausencia
P4	11:36	2° 7' 52.73" N	79° 35' 24.34" W	26 °c	Ausencia

Nota: la tabla muestra los parámetros geográficos y meteorológicos al momento de la toma de muestra. Fuente: Rodríguez, (2022).

Los puntos de muestreo seleccionados, que comprenden áreas cercanas a infraestructuras importantes como puentes y centros de salud, fueron evaluados en función de su demanda biológica y química de oxígeno (DBO y DQO), nivel de pH y concentración de sólidos totales. Estos parámetros son fundamentales para determinar la calidad del agua y su impacto potencial en el ecosistema acuático y en la salud pública. En las secciones siguientes de la tabla 5, se detallan los resultados obtenidos en laboratorio y se comparan con los límites normativos establecidos.

Tabla 5.

Resultados obtenidos en laboratorio de parámetros físico-químico

Áreas Muestreadas	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	pH (unid.)	Sólidos Totales (mg/L)
P1. Puente Iglesia San Pedro	6.3	4.2	7.84	380

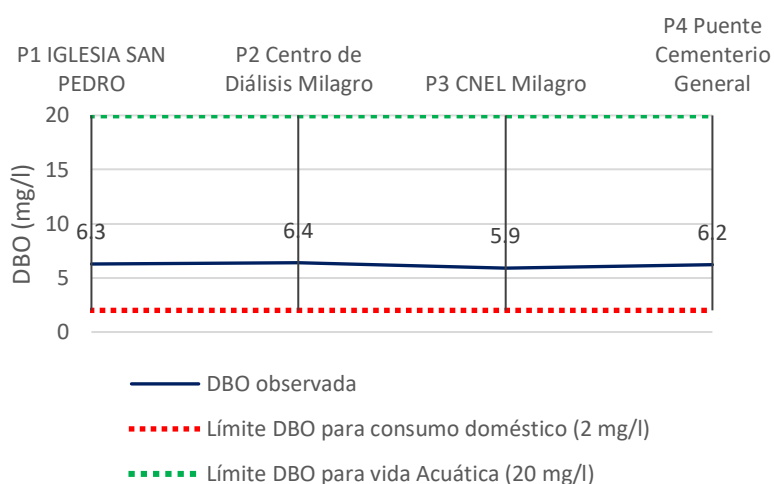
P2. Centro de Diálisis Milagro	6.4	4.7	7.68	366
P3. CNEL Milagro	5.9	4.2	7.35	311
P4. Puente Cementerio General	6.2	6.6	7.86	220

Fuente: SALBRA ,2024

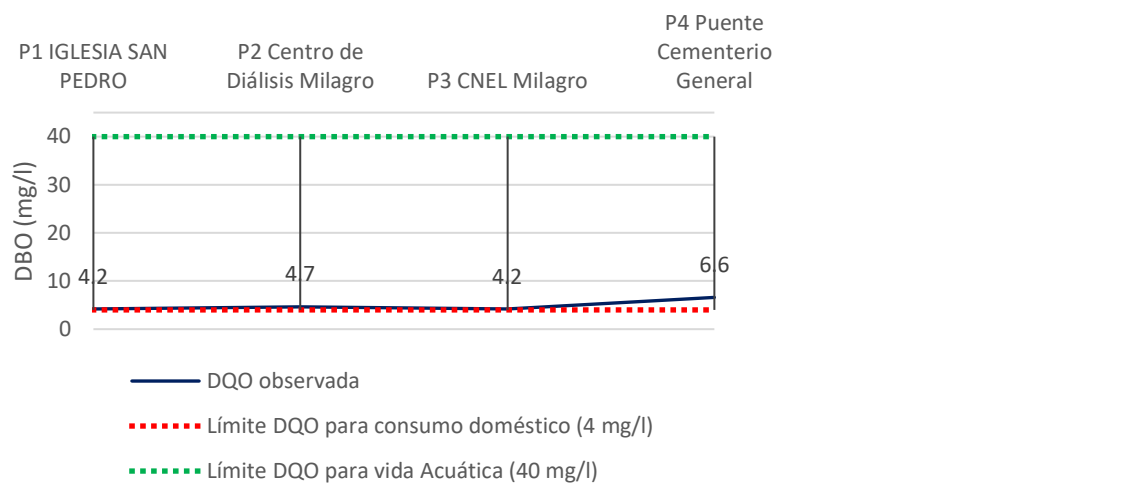
Como se muestran en la figura 3, los valores de DBO registrados en los cuatro puntos de muestreo oscilan entre 5.9 mg/L y 6.4 mg/L, superando el límite establecido de 2 mg/L para el consumo doméstico, mientras que cumplen con el criterio de preservación de la vida acuática (20 mg/L). Esto sugiere que, aunque el agua podría no ser apta para el consumo humano sin tratamiento, no representa un riesgo significativo para la vida acuática.

Figura 3

Valores DBO

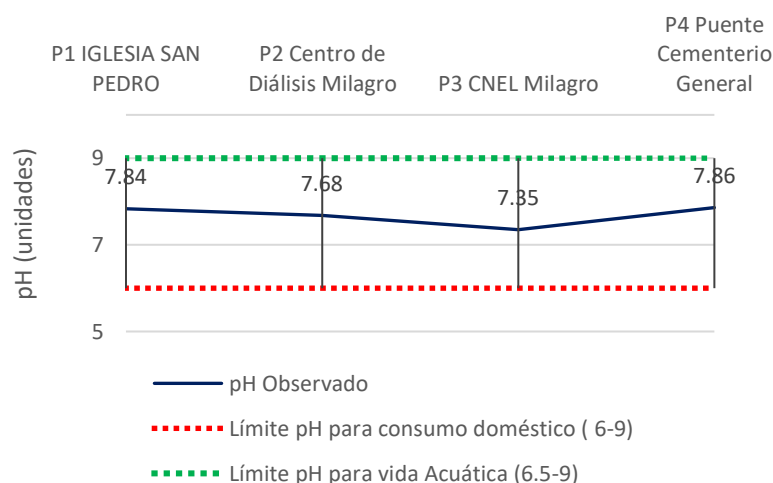


El valor de DQO en el punto P1 está cerca de cumplir con el criterio de calidad para consumo doméstico (4 mg/L), pero todos los puntos cumplen con el límite de 40 mg/L para la preservación de la vida acuática. Como se indica en la Figura 4, la calidad del agua es adecuada para la vida acuática, pero podría no ser completamente segura para el consumo humano.

Figura 4*valores DQO*

Fuente: Rodríguez, (2022)

Como se observa en la Figura 5, los valores de pH están dentro del rango aceptable para ambos criterios, tanto para el consumo doméstico (6-9) como para la preservación de la vida acuática (6.5-9). Esto muestra que el pH del agua no presenta problemas significativos en cuanto a acidez o alcalinidad.

Figura 5.*Valores de pH*

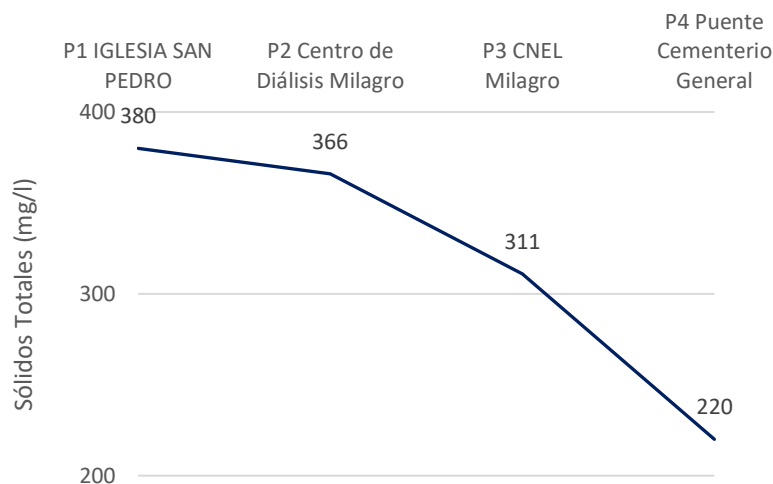
Fuente: Rodríguez, (2022)

Para los sólidos totales no existe un criterio específico en las normativas proporcionadas. Aunque estos valores no se evalúan directamente en los criterios

mencionados, como se muestran en la Figura 6, su presencia puede influir en otros parámetros como DBO y DQO, afectando la calidad del agua de forma indirecta.

Figura 6.

Sólidos Totales Observados



Fuente: Rodríguez, (2022)

4.2 Carga microbiana en el trayecto del área urbana de la ciudad de Milagro como indicador de la contaminación biológica presente.

Según los resultados obtenidos como lo muestra la Tabla 6, en el punto de muestreo P2 (Centro de Diálisis Milagro) se registró la concentración más alta de coliformes fecales con 1920 NMP/ml, seguida por el punto P3 (CNEL Milagro) con 1151 NMP/ml, ambos superando significativamente el límite de 1000 NMP/ml establecido para el consumo doméstico. Sin embargo, en el punto P1 (Puente Iglesia San Pedro), el valor es de 381 NMP/ml, y en el punto P4 (Puente Cementerio General), es de solo 30 NMP/ml, ambos dentro del rango permitido.

Tabla 6.

Resultados microbiológicos

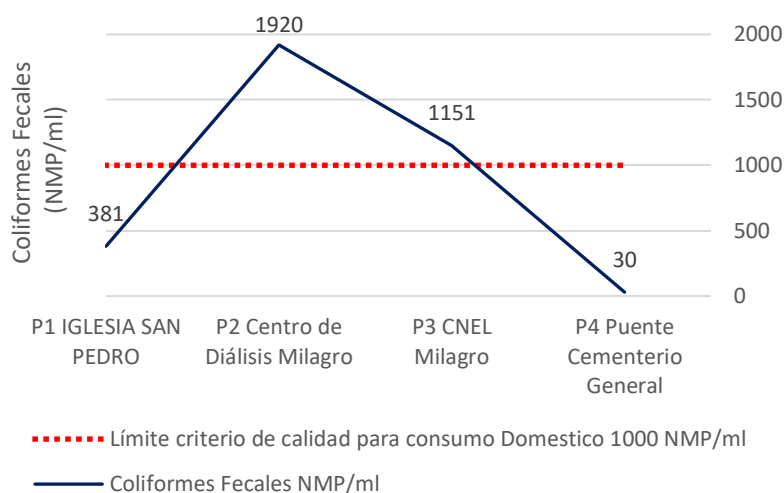
Áreas Muestreadas	Coliformes Fecales (NMP/ml)	Coliformes Totales (NMP/ml)	<i>E. Coli</i>
P1. Puente Iglesia San Pedro	381	1137	792
P2. Centro de Diálisis Milagro	1920	2589	699
P3. CNEL Milagro	1151	2499	1348
P4. Puente Cementerio General	30	55	25

Fuente: SALBRA, 2024

Dentro de la Figura 7 se observan que los puntos P2 (Centro de Diálisis Milagro) y P3 (CNEL Milagro) no cumplen con los criterios de calidad para consumo doméstico, sugiriendo la presencia de contaminación fecal significativa que podría representar un riesgo para la salud humana. Para los coliformes fecales no existe un criterio específico bajo la normativa para la preservación de la vida acuática, pero los valores altos pueden afectar la vida acuática indirectamente al indicar presencia de otros contaminantes.

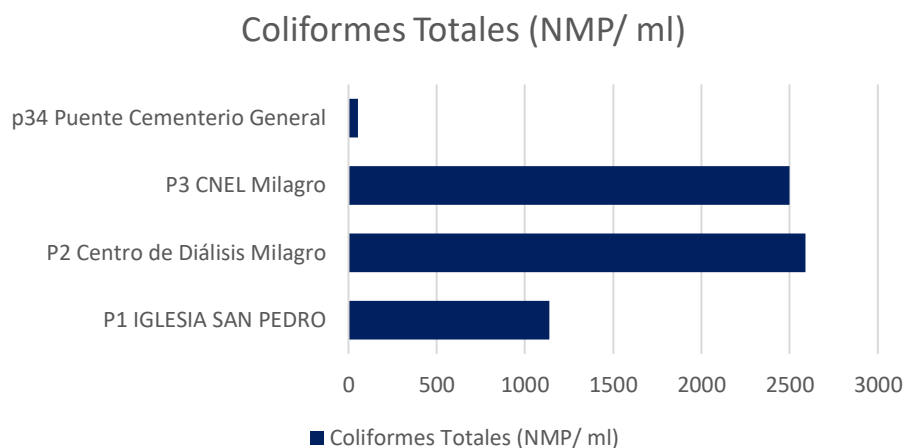
Figura 7

Coliformes Fecales



Fuente: Rodríguez, (2022)

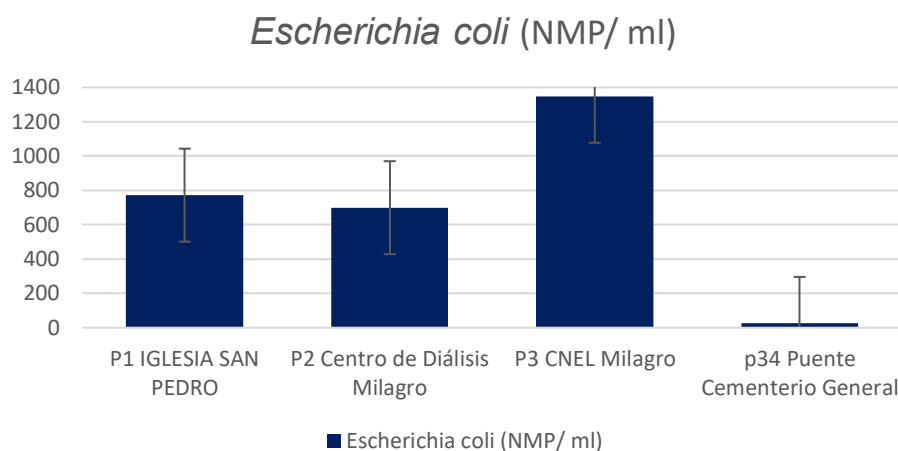
Los resultados obtenidos en el análisis del agua del río Milagro para los Coliformes Totales, el punto de muestreo P2 presentó el valor más alto con 2589 NMP/ml, seguido de P3 con 2499 NMP/ml, lo que indica una alta carga bacteriana. El punto P1 tuvo un valor de 1137 NMP/ml, mientras que P4 presentó solo 55 NMP/ml. Estos resultados se pueden observar en la Figura 8, que señala los valores obtenidos en cada punto de muestreo.

Figura 8.*Coliformes Totales (NMP/ml)*

Fuente: Rodríguez, (2022)

En cuanto a la influencia según los criterios, para el consumo doméstico, aunque no hay un criterio específico para coliformes totales, niveles elevados sugieren que el agua está contaminada y probablemente no sea segura para el consumo humano sin tratamiento. En términos de preservación de la vida acuática, valores elevados de coliformes totales pueden indicar la presencia de materia orgánica y bacterias que podrían afectar negativamente los ecosistemas acuáticos.

La presencia de *E. coli* es un indicador crucial de contaminación fecal en cuerpos de agua, ya que este tipo de coliforme fecal proviene directamente de desechos humanos o animales. En los puntos de muestreo del río Milagro, se observó que el punto P3 (CNEL Milagro) tiene la concentración más alta de *E. coli* con 1348 NMP/ml, seguido por P1 (Puente Iglesia San Pedro) con 792 NMP/ml, P2 (Centro de Diálisis Milagro) con 699 NMP/ml, y P4 (Puente Cementerio General) con 25 NMP/ml. Según los criterios de calidad para el consumo doméstico, la detección de *E. coli* en cualquier concentración indica que el agua no es apta para consumo humano sin un tratamiento adecuado. Aunque no existe un criterio específico para la preservación de la vida acuática, la presencia de *E. coli* refleja un nivel de contaminación fecal que podría tener efectos negativos sobre la vida acuática y los ecosistemas asociados. En la Figura 9 se presentan los valores de *E. coli* en los diferentes puntos de muestreo, lo cual ilustra la variación en la contaminación fecal a lo largo del trayecto del río Milagro.

Figura 9.*Escherichia coli* (NMP/ml)

Fuente: Rodríguez, (2022)

4.3 Focos de contaminación en el trayecto urbano del río Milagro.

Los resultados del laboratorio representan que, el punto de muestreo P2 (Centro de Diálisis Milagro) presenta los niveles más elevados de DQO (4,7 mg/L), *E. coli* (699 NMP/100mL), coliformes fecales (1920 NMP/100mL), y coliformes totales (2589 NMP/100mL), lo que indica un fuerte foco de contaminación por desechos orgánicos y microorganismos patógenos en esta área.

El punto P3 (CNEL Milagro) también destaca como un foco de contaminación, especialmente por sus altos niveles de *E. coli* (1348 NMP/100mL) y coliformes fecales (1151 NMP/100mL), superando los límites establecidos en el Acuerdo Ministerial 097-A para aguas destinadas al consumo humano. Esto sugiere una significativa contaminación fecal y presencia de patógenos en este punto del río.

El punto P1 (Puente Iglesia San Pedro) presenta niveles elevados de coliformes totales (1137 NMP/100mL) y fecales (381 NMP/100mL), aunque en menor medida que P2 y P3, sigue siendo un área crítica en términos de contaminación microbiológica. En contraste, **P4 (Puente Cementerio General) muestra los niveles más bajos de contaminantes microbiológicos, indicando menor afectación por fuentes de contaminación en comparación con los otros puntos de muestreo.

Como se observa en la Tabla 7, los resultados indican que los puntos de muestreo P2 (Centro de Diálisis Milagro) y P3 (CNEL Milagro) son los sectores más contaminados en el trayecto urbano del río Milagro. Ambos puntos presentan valores elevados de contaminantes microbiológicos y orgánicos, sobrepasando los límites permisibles establecidos para el consumo humano. La alta presencia de coliformes totales, coliformes fecales y E. coli en estos puntos sugiere una fuerte contaminación fecal, lo que representa un riesgo significativo para la salud pública y el ecosistema acuático.

En el Gráfico 9 se muestra la comparación de los niveles de contaminación en los diferentes puntos de muestreo. Los sectores más críticos, P2 y P3, se destacan por sus valores significativamente superiores de DQO, DBO y coliformes totales, en comparación con los otros puntos de muestreo. Esto confirma que estos lugares son los principales focos de contaminación en el área urbana del río Milagro, donde se requieren medidas de mitigación urgentes para reducir la carga contaminante y proteger tanto la salud humana como la vida acuática.

Tabla 7.*Resultados de laboratorio*

Puntos de Muestreo	DBO (mg/l)	DQO (mg/l)	Ph (Unidades de Ph)	Sólidos Totales (mg/l)	<i>E. Coli</i> (NMP/100ml)	Coliformes Fecales (NMP/100ml)	Coliformes Totales (NMP/100ml)
P1. Puente Iglesia San Pedro	6,3	4,2	7,84	380	792	381	1137
P2. Centro de diálisis Milagro	6,4	4,7	7,68	366	699	1920	2589
P3. CNEL Milagro	5,9	4,2	7,35	311	1348	1151	2499
P4. Puente Cementerio General	6,2	6,6	7,86	220	25	30	55
Límite Acuerdo ministerial 097-A (2015)	<2	<4	6-9	-	-	1000	1000
SALBRA (2024)	20	40	6.5-9	-	-	-	-

La tabla 8, muestra estadísticas descriptivas de varios parámetros fisicoquímicos y microbiológicos relacionados con la calidad del agua. En primer lugar, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) tiene una media de 6.2 mg/L y una mediana de 6.3 mg/L, con una desviación estándar de 0.22, lo que indica poca variabilidad entre las muestras. Esto sugiere una concentración relativamente estable de materia orgánica biodegradable en el agua. La demanda química de oxígeno (DQO) tiene una media de 4.93 mg/L y una mediana de 4.45 mg/L, con una mayor variabilidad reflejada en su desviación estándar de 1.08, lo que indica una mayor heterogeneidad en la cantidad de compuestos químicos oxidables presentes.

Tabla 8

Estadísticas Descriptivas

Variable	Media	Mediana	Desviación Estándar	Rango
DBO	6,2	6,3	0,22	0,5
DQO	4,93	4,45	1,08	2,4
pH	7,68	7,76	0,24	0,51
Sólidos Totales	319,25	338,5	72,44	160
E. Coli	716	745,5	592,32	1323
Coliformes Fecales	870,5	766	878,12	1890
Coliformes Totales	1569,5	1593	1037,45	2534

Rodríguez, (2024)

El pH, la media es de 7.68 y la mediana de 7.76, con una desviación estándar de 0.24. Esto sugiere que el pH de las muestras de agua es ligeramente alcalino y presenta una estabilidad considerable en todas las muestras analizadas. Los sólidos totales presentan una media de 319.25 mg/L y una mediana de 338.5 mg/L, con una desviación estándar alta (72.44 mg/L), lo que indica que hay una variación significativa en las concentraciones de partículas suspendidas en el agua.

En el aspecto microbiológico, los valores de *E. coli* tienen una media de 716 NMP/mL, pero con una desviación estándar alta (592.32 NMP/mL), lo que indica una gran variabilidad en los niveles de contaminación fecal. Los coliformes fecales presentan una media de 870.5 NMP/mL y una desviación estándar de 878.12, lo que también señala una amplia dispersión de los datos.

Por último, los coliformes totales tienen una media de 1569.5 NMP/mL con una desviación estándar aún mayor de 1037.45, sugiriendo fluctuaciones considerables en los niveles generales de contaminación biológica en las muestras de agua analizadas. Esto puede ser indicativo de distintas fuentes de contaminación a lo largo del trayecto del río.

5. DISCUSIÓN

Ortiz *et al.* (2019) mencionan que la evaluación general de la calidad del agua considera criterios que no siempre garantizan el resultado esperado para regiones con diferentes características. Como consecuencia, muchos países han desarrollado estudios e índices de calidad para aplicar criterios de valoración propios, de tal manera que su aplicabilidad corresponda con sus requerimientos y necesidades.

Los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos en el río Milagro indican la presencia de una significativa contaminación que podría estar afectando tanto la calidad del agua como la vida acuática. Los valores de pH, aunque mayormente dentro de los límites establecidos por el Acuerdo Ministerial 097-A y el Anexo 1 del TULSMA, mostraron variaciones que, en algunos casos, se acercan a los límites inferiores, lo que podría representar un riesgo para la salud pública y la biodiversidad del ecosistema acuático.

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) presentó valores elevados en varios puntos de muestreo, superando los límites recomendados tanto para la preservación de la vida acuática como para el consumo humano. Esto sugiere una carga orgánica elevada, posiblemente debido a descargas de aguas residuales sin tratamiento adecuado. La relación observada entre los sólidos totales y la DBO refuerza la idea de que la materia orgánica presente en el agua está contribuyendo a la contaminación del río.

Pinto (2019) demostró en su estudio realizado en la ciudad de Lima que los ríos Lurín, Chillón y Rímac los valores obtenidos fueron menor que dos, este es el límite de detección expresado por la empresa que realizó el análisis de DBO5. Sin embargo debemos resaltar que en el caso del río Lurín su DBO5 fue de 8.04 mg/L para la estación RL05, mientras que en las estaciones RC03, RC04 y RC05 del río Chillón fueron de 8.13, 7.8 y 3.57 mg/L respectivamente. Con respecto a que el valor de 8.04 mg/L de DBO5 de la estación RL05 se encuentre más elevado que en las otras estaciones de muestreo se debe a que esta estación recibe las cargas de los desechos municipales y las aguas agrícolas de la ciudad de Lurín que hacen su concentración de materia orgánica sea un poco elevada, pero no excediendo los valores establecidos por los ECAs.

En cuanto a la calidad microbiológica, la alta concentración de coliformes fecales y *Escherichia coli* a lo largo del trayecto analizado indica una contaminación fecal significativa. La tendencia ascendente en la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y la concentración de coliformes fecales sugiere que las fuentes de contaminación podrían estar aumentando en intensidad a lo largo del río, especialmente en áreas más densamente pobladas o cercanas a fuentes de descarga.

Los resultados de los parámetros microbiológicos evaluados en el río Manaure en la ciudad de La Guajira por Castillo, Fontalvo, y Borja (2018) mostraron variaciones en las dos épocas climáticas. Por consiguiente, los recuentos de coliformes totales (1986,3 NMP/100mL) y coliformes fecales (85,6 NMP/100mL) fueron más altos durante la temporada de sequía, obtenidos en las estaciones E3 y E6 respectivamente.

Para la evaluación de la calidad del agua se consideró los ECA con la finalidad de tener los parámetros de acuerdo a la normativa para los ríos Lurín, Rímac y Chillón en la ciudad de Lima, ya que, estos presentan diferentes niveles de los parámetros fisicoquímicos y biológicos según de donde se tome la muestra, esto se debe a su diferente clasificación. Los ECA para evaluar el río Lurín fueron de categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales descritos en el DS N° 004-2017- MINAM, debido que en sus márgenes de este se presencia más actividades agrícolas y ganaderas.

En ese mismo orden, el río Casacará presentó la mayor concentración de coliformes totales (2419,2 NMP/100mL) en la estación E3 para el tiempo de sequía, mientras que en el periodo de lluvias fueron superiores las cuantificaciones de coliformes fecales (118,6 NMP/100mL), enterococos fecales (20,6 NMP/100mL). En el estudio realizado se determinaron que la calidad del agua de los ríos Manaure y Casacará se basaron de acuerdo a lo establecido en la normatividad colombiana, presentando en todos sus puntos de muestreos contaminación por coliformes totales, coliformes fecales, *enterococos fecales* y *E. Coli*, lo que imposibilita que el recurso sea aprovechado de manera directa por los asentamientos humanos aledaños a la cuenca. Sin embargo, los niveles determinados de estos parámetros microbiológicos diagnostican que el recurso se encuentra apto para diversos fines, entre los que se destacan: agrícolas, recreativos, preservación de fauna y flora, y aprovechamiento de especies

hidrobiológicas del sistema; resultando aceptable para la destinación de actividades domésticas y agrícolas, según lo establecido en el Decreto 1594 de 1984 (en transición de acuerdo decreto 4728 de 201).

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Los puntos de muestreo P2 (Centro de Diálisis Milagro) y P3 (CNEL Milagro) se destacan por presentar las concentraciones más altas de coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli*, superando los límites establecidos por la normativa. Esto indica la presencia de focos importantes de contaminación fecal, lo que representa un riesgo significativo para la salud pública y los ecosistemas acuáticos.

Los valores de DBO y DQO en los puntos de muestreo están dentro de los límites permitidos para la preservación de la vida acuática, pero no para el consumo humano sin tratamiento, lo que indica que el agua no es apta para el uso doméstico, aunque podría no afectar gravemente la vida acuática.

Los valores de pH registrados se encuentran dentro del rango aceptable tanto para el consumo doméstico como para la preservación de la vida acuática, lo que sugiere que el agua no presenta problemas significativos en cuanto a acidez o alcalinidad.

6.2 Recomendaciones

Se recomienda que el GAD de Milagro implemente campañas educativas e inteligentes dirigidas a los hogares con el fin de reducir el vertido de materiales orgánicos al río Milagro. Estas campañas deben enfatizar la correcta disposición de residuos orgánicos y promover prácticas como el compostaje doméstico. Al disminuir la cantidad de desechos orgánicos vertidos en el río, se logrará una reducción significativa en los niveles de contaminación, mejorando así la calidad del agua y contribuyendo al bienestar ambiental de la comunidad.

Es necesario establecer un sistema de monitoreo constante de la calidad del agua, enfocándose en la detección de *Escherichia coli* y otros indicadores de contaminación microbiológica para evaluar la efectividad de las medidas de mitigación implementadas.

Se deben realizar campañas educativas dirigidas a la población local, especialmente a los residentes cercanos a los puntos P2 y P3, para concienciar

sobre la importancia de no contaminar el río y evitar el vertido de residuos orgánicos e inorgánicos.

Se recomienda que el GAD de Milagro verifique y controle de manera continua la calidad del agua sin tratar que ingresa al sistema de tratamiento, así como también el agua potable distribuida a la comunidad. Este monitoreo debe realizarse mediante análisis periódicos que permitan detectar posibles contaminantes y garantizar que el agua cumpla con los estándares de calidad establecidos. Al implementar estas medidas, se asegurará un suministro de agua potable seguro para la población y se contribuirá a la protección de la salud pública.

Se recomienda realizar estudios más detallados para identificar las fuentes específicas de contaminación en los sectores más críticos del río, como vertederos de aguas residuales industriales y urbanas, y tomar acciones regulatorias y de control para reducir su impacto.

REFERENCIAS

- Andrés, K., Orlando, W., Macas, X., & Sánchez, L. (2022). Situación actual del Río Jubones en el Ecuador, un análisis de los metales traza, calidad y parámetros fisicoquímicos del agua. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*, 4(2), 292–307. <https://www.editorialalema.org/index.php/pentaciencias/article/view/106>
- Antonio, H. (2020). Calidad de la descarga de aguas servidas de las lagunas de tratamiento de aguas residuales al río carrizal. Polo Del Conocimiento: Revista Científico - Profesional, 5(1), 232–256. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7436070.pdf>
- Baque Ramírez, M. Y. (2019). *Determinación de la calidad de agua del río daule con parámetros físico - químico y macroinvertebrados acuáticos, comuna petrillo, cantón nobol*. [tesis de grado, Universidad Agraria del Ecuador]. <https://cia.uagraria.edu.ec/archivos/baque%20ramirez%20melissa%20yadira.pdf>
- Baquerizo, M., Acuña, M., Soli- Castro, M. (2019). Contaminación de los ríos: caso río Guayas y sus afluentes. *Manglar*, 16(1), 63–70. <https://doi.org/10.17268/manglar.2019.009>
- Bush, L. (2021). Infecciones por enterococos. *FACP*, 1-4.
- Chaparro-Vélez, S.A. (2020). Determinación de la capacidad de autodepuración de un tramo del río Tunjuelo respecto al pH y la demanda biológica de oxígeno (DBO) [Trabajo de grado]. In Repositorio Institucional Universidad Católica de Colombia - RIUCaC. <https://hdl.handle.net/10983/24838>
- Chavarría Márquez, E. Y., Huamaní Astocaza, L. L., Basurto Contreras, C. M., Gutierrez Collao, J. E., & Cusiche Huamaní, M. L. (2023). Determinación clásica de coliformes fecales en agua entubada en el distrito de Ahuaycha, Perú. *Revista Alfa*, 7(21), 560–566. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v7i21.236>
- Cobeña-Zambrano, G. L., & González-Arteaga, C. E. (2020). Análisis de la contaminación del agua e incidencia por consumo en la salud de la población del sitio Río Santo parroquia Ricaurte del Cantón Chone, año 2017. *Revista*

- Científica Arbitrada de Posgrado y Cooperación Internacional CLAUSTRO - ISSN: 2737-6478.*, 3(5), 2–11.
<https://publicacionescd.uleam.edu.ec/index.php/claustro/article/view/136>
- Congreso Nacional. (2015). *Ley Organica de Salud*. Quito, Ecuador. Congreso Nacional.
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*.
- Delgado Mera, J. M., Retamales, R., Soto Quintana, L. M., Panta Vélez, R. P., Acosta de Matheus, V., L., C., & López Lozada. (2020). *Variación de la calidad de agua en el estuario del río Chone, Manabí, Ecuador* (pp. 512–521).
- Dominguez, E., Encalada, A. C., Fernandez, H. R., Giorgi, A. D. N., Marchese Garello, M. R., Miserendino, M. L., Munne, A., Prat, N., Ríos Touma, B., & Rodrigues Capitulo, A. (2021). Biomonitorio en ríos de Argentina: un camino por recorrer. *Repositorio Institucional CONICET Digital*, 32(934-949).
<http://hdl.handle.net/11336/149393>
- Garcia, S., Arguello, A. y Parra, R., (2019). Factores que influyen en el pH del agua mediante la aplicación de modelos de regresión lineal. *INNOVA Research Journal*, ISSN 2477-9024, 59-71.
 doi:<https://doi.org/10.33890/innova.v4.n2.2019.909>
- Garcia-Gonzales, J., Osorio-Ortega, M., Saquisela-Rojas, R. y Cadme, L. (2021). Determinación del índice de calidad del agua en ríos de Santo Domingo de los. *Ingeniería del Agua*, p.115-126.
- García-González, J., Osorio-Ortega, M. A., Saquicela-Rojas, R. A., & Cadme, M. L. (2021). Determinación del índice de calidad del agua en ríos de Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. *Ingeniería Del Agua*, 25(2), 115.
<https://doi.org/10.4995/ia.2021.13921>
- Gil, M. (2022). *Enterococcus faecalis*. *Lifeder*, p. 4-11.
- Iñiguez Granda, B. P. (2022). *Efectos de productos calcáreos sobre diversos tipos de calidad de agua y tiempos de medición en ph y oxigeno disuelto* [Trabajo de Titulación]. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/19709>
- Iza Quispe, G. G. (2020). Estudio de la calidad del agua del Río Guayllabamba, ubicado dentro del Distrito Metropolitano de Quito en el periodo 2013-2019. In *repositorio.utc.edu.ec*. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/7114>

- Javier Enrique Moreira-Cevallos. (2020). Contaminación ambiental de los ríos bravo y muerto, y su incidencia en la salud de los habitantes de la parroquia Los Esteros, Cantón Manta. *Polo Del Conocimiento: Revista Científico - Profesional*, 5(2), 556–578. <https://doi.org/10.23857/pc.v5i2.1298>
- Jenkins, S. H. (1982). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. *Water Research*, 16(10), 1495–1496. [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(82\)90249-4](https://doi.org/10.1016/0043-1354(82)90249-4)
- Jiménez Arias, J. S., & Suárez Tituaña, A. A. (2021). “*Determinación de la calidad del agua por medio de bioindicadores (macroinvertebrados) en el río Cunuyacu provincia de Cotopaxi, período 2020-2021.* (pp. 1–122) [Tesis de grado], Universidad de Cotopaxi. <https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/6efbf91a-a5b3-44e9-887f-5a1ed5105bba/content>
- Kure Oliveras, A. G. (2019). *Evaluación de la calidad del agua del río Palenque* [Tesis de grado] Universidad Agraria del Ecuador. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/KURE%20OLIVERAS%20ASLIN%20GRACIELA.pdf>
- Julio Benito Intriago-Flores, & Luis Santiago Quiroz-Fernandez. (2021). Calidad del agua de la cuenca media del río Portoviejo. Estrategias para mitigar la contaminación. *Polo Del Conocimiento: Revista Científico - Profesional*, 6(6), 1172–1195. <https://doi.org/10.23857/pc.v6i6.2811>
- Mairongo Caicedo, G. B. (2022). *Evaluación de la calidad del agua de río tululbi para consumo doméstico cantón san lorenzo provincia de esmeraldas* [Tesis de grado] Universidad Agraria del Ecuador. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/MAIRONGO%20CAICEDO%20GLENDIA%20BEATRIZ.pdf>
- Meza, M. y Ñahuinripa, J.(2019). *Efecto De La Temperatura Y El Caudal En La Disminución De La Materia Orgánica En Un Biodigestor Anaerobio* (tesis de grado).Huancayo, Perú.

- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (2015) *Acuerdo Ministerial 061*.: Quito, Ecuador. Ministerio De Ambiente Del Ecuador.
- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (2015) *Acuerdo Ministerial 097*.: Quito, Ecuador. Ministerio De Ambiente Del Ecuador.
- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (2017). *Texto Unificado De Legislación Secundaria De Medio Ambiente*.: Quito, Ecuador. Ministerio De Ambiente Del Ecuador.
- Ministerio del Ambiente. (2015) *Acuerdo Ministerial 097* Recuperado de http://www.quitoambiente.gob.ec/images/Secretaria_Ambiente/Documentos/calidad_ambiental/normativas/acuerdo_ministerial_97a.pdf
- Molina, C. (2022). *Evaluación de fuentes puntuales de contaminación de la cuenca del río Cutuchi en el sector La Estación del cantón Latacunga provincia de Cotopaxi (Master's thesis, Quito: Universidad Tecnológica Indoamérica)*.
- Muñoz Morocho, N. E., & Wambanguito Shariano, J. M. (2022). *Análisis del cumplimiento de la norma ambiental de la calidad del agua y suelo en embalses artificiales de las centrales hidroeléctricas de Celec Sur* [Tesis de grado], Universidad del Azuay.
- Oriente, (2019). *Los Rios del Ecuador estan siendo contaminados con coliformes*. Ecuador.: El Oriente. Recuperado de <https://www.eloriente.com/articulo/los-rios-de-ecuador-estan-contaminados-con-coliformes/18413>
- Ortiz, J. A. (2021). *Análisis del impacto de la calidad del agua generado por las industrias ubicadas en las riberas de un tramo del río daule* [Tesis de Grado, Universidad Agraria del Ecuador]. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/ORTIZ%20ZAMBRANO%20JOSUE%20ANTHONY.pdf>
- Pathak, V. M., Verma, V. K., Rawat, B. S., Kaur, B., Babu, N., Sharma, A., Dewali, S., Yadav, M., Kumari, R., Singh, S., Mohapatra, A., Pandey, V., Rana, N., & Cunill, J. M. (2022). Current status of pesticide effects on environment, human health and it's eco-friendly management as bioremediation: A comprehensive review. *Frontiers in Microbiology*, 13(1-29). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.962619>
- Pauta-Calle, G., Vázquez, G., Abril, A., Torres, C., Loja-Sari, M., & Palta-Vera, A. (2020). Indicadores bacteriológicos de contaminación fecal en los ríos de

Cuenca, Ecuador. *MASKANA*, 11(2), 46–57.
<https://doi.org/10.18537/mskn.11.02.05>

Pinargote Rodriguez, M. N. (2022). *Determinacion de la calidad del agua superficial del Río Agua Fría por descargas de aguas residuales por la industria destilera, Junin, Manabí* [Tesis de Grado, Universidad Agraria del Ecuador].
<https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/PINARGOTE%20RODRIGUEZ%20MOISES%20NEPTALY.pdf>

Pinto, Mianggella Lizeth Pacherras. 2019. "Determinación de La Calidad de Agua de Las Cuencas de Los Ríos Chillón, Rímac y Lurín Mediante Indicadores Químicos y Biológicos." *Universidad Ricardo Palma* 84.

PROAIN. (2020). *Clasificacion del agua por su dureza*. Guanajuato, Mexico.: Proain tecnología agrícola. Recuperado de <https://proain.com/blogs/notas-tecnicas/clasificacion-del-agua-por-su-dureza>

René, M., & Campos, M. (2022). *Determinación del índice de calidad de agua mediante el monitoreo de macro invertebrados, parámetros físico-químicos y microbiológicos en el Río Sinincay, Cuenca - Ecuador* [Tesis de grado] Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca.
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21888/1/UPS-CT009573.pdf>

Ríos-Touma, B. (21 de 04 de 2021). "Hemos convertido a los ríos en las cloacas de los humanos". (MONGABAY, Entrevistador)

Ropero, S. (2020). *Contaminacion Biologica: Qué es, tipos y ejemplos.*: Barcelona, España. Ecología Verde. Recuperado de <https://www.ecologiaverde.com/contaminacion-biologica-que-es-tipos-y-ejemplos-2517.html>

Swistock, B. (2020). Bacterias Coliformes. *PennState Extension* , p.1-6.

Twenergy. (2020, November 25). *¿Qué es la contaminación biológica?* Twenergy.
<https://twenergy.com/ecologia-y-reciclaje/que-es-contaminacion-biologica/#:~:text=La%20contaminaci%C3%B3n%20biol%C3%B3gica%20aparece%20cuando>

Ubillús, W., Julio, R., Narciso, R., Severo Patiño Ramírez, & César, J. (2022). Políticas públicas y la gestión de la calidad ambiental para la

- descontaminación de ríos. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(6), 927–952. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i6.3586
- Vizcarra, O. (2020). *Evaluación de la resistencia antimicrobiana de Escherichia coli aislado en agua superficial de los ríos Chillón, Rímac y Lurín* [Tesis de grado, Universidad Ricardo Palma]. In *Handle.net* (Vol. 1). <https://hdl.handle.net/20.500.14138/3480>
- WWF. (2021). *Los peces de agua dulce son vitales para cientos de millones de personas pero un tercio de ellos se enfrenta a la extinción.*: Ecuador. World Wildlife Fund. Recuperado de <https://www.wwf.org.ec/?365976/Los-peces-de-agua-dulce-son-vitales-para-cientos-de-millones-de-personas-pero-un-tercio-de-ellos-se-enfrenta-a-la-extincion#:~:text=La%20biodiversidad%20de%20agua%20dulce,incluidas%2016%20solo%20en%202020.>

ANEXOS



LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS Y PLANTA

"SABRA"

Malecón y primero de Agosto. Mocache Prov. Los Ríos. Telf. 05 2 707012,
088986645

RUC: 020065699001

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LODOS ACUOSOS

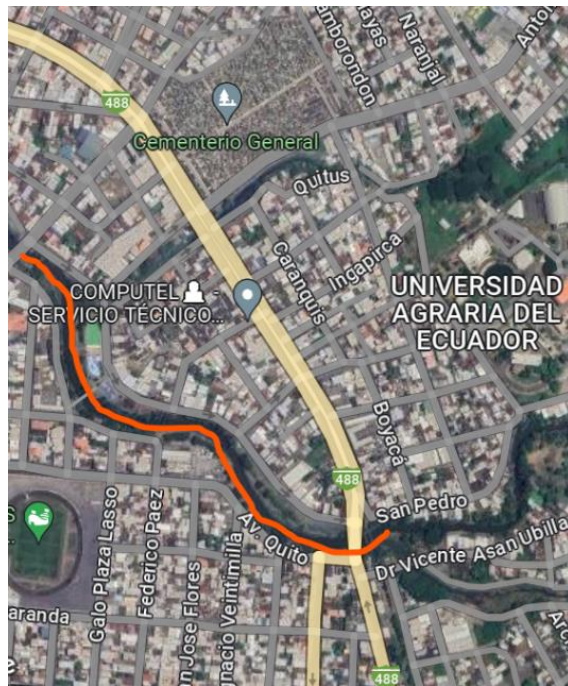
PROPIETARIO: Sr. Kevin Rodriguez Acosta.	LOCALIDAD DE MUESTREO Área del río Milagro	FECHA DE MUESTREO: 28 de Agosto del 2024	TIPO DEMUESTRA Aguas de un sector del río Milagro
	Cantón: Milagro Provincia: Guayas		

Áreas Muestreadas	DBO (m/l)	DQO (m/l)	pH (unid.)	Solidos Totales (m/l)	E. Coli (NMP/m/ l)	Coliformes Fecales (NMP/m/l)	Coliformes Totales (NMP/m/l)
P1.- Puente Iglesia San Pedro	_ 6,3	_ 4,2	7,84	380	792	381	1137
P2.-Centro de Diálisis Milagro	_ 6,4	_ 4,7	7,68	366	699	1920	2589
P3.-CNEL Milagro	5,9	4,2	7,35	311	1348	1151	2499
P4.-Puente Cementerio General	6,2	6,6	7,86	220	25	30	55
Limite Normativo	_ 4,0	_ 2,0	6 a 9	400 a 600		25 a 50	

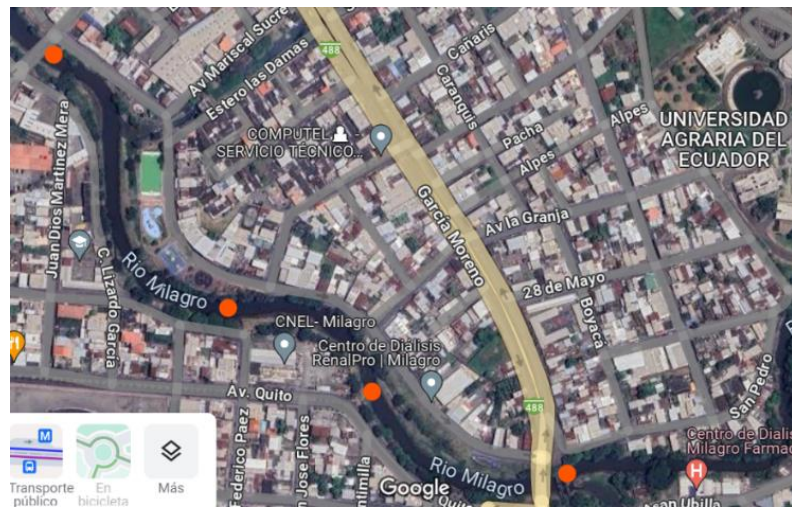
Javier Salto, M. Ing. Agr. Mg. Sc. del Suelo
Responsable

Ex Investigador del INIAP y CINCAE

Anexo 1. Resultados de análisis Laboratorio SABRA



Anexo 2. Figura 1. Ubicación geográfica del estudio en el Cantón Milagro. Adaptado de Google Maps (2024).



Anexo 3. Figura 2. Distribución exacta de los puntos de muestreo en el Cantón Milagro. Adaptado de Google Maps (2024).

Tabla 1 *Parámetros y muestras analizadas*

Parámetro	Unidad	Técnica	Método de ensayo	Muestras
Coliformes Fecales	ufc/100mL	Número más probable	SM 9221 B, 9221 E	4
Coliformes totales	ufc/100mL	Número más probable	SM 9221 B, 9221 C	4
pH	Unidades pH	Electrometría	SM 4500-H+ B	4
DBO	mg/L	Volumetría	SM 5210 B	4
DQO	mg/L	Reflujo cerrado Espectrofotometría	SM 5220 D	4
Temperatura	°C		SM 2550 B	4
Sólidos totales	mg/L	Gravimetría	SM 2540 B	4

Rodríguez, 2024

Anexo 4. Tabla 1 Parámetros y muestras analizadas*Tabla 2 Criterio de calidad de fuentes de agua para consumo doméstico*

Parámetro	Expresado como	Unidad	Criterio de calidad
Coliformes fecales	NMP	NMP/100 ml	1000
Demanda Química de oxígeno	DQO	mg/l	<4
Demanda bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO	mg/l	<2
Potencial hidrógeno	pH	Unidades de pH	6-9

Nota: Acuerdo ministerial 097-A (2015)**Anexo 5.** Tabla 2 Criterio de calidad de fuentes de agua para consumo doméstico

Tabla 3. Criterio de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces.

Parámetros	Expresados como	Unidad	Criterio de calidad
DQO	DQO	mg/l	40
DBO	DBO	mg/l	20
Potencial Hidrogeno	pH	Unidades de Ph	6,5 – 9

Nota: Acuerdo ministerial 097-A (2015)

Anexo 6. Tabla 3. Criterio de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces.

Tabla 4. Parámetros geográficos y meteorológicos In Situ en los puntos de muestreo

Puntos de muestreo	Hora de toma de muestra	Coordenadas geográficas		Temperatura °c	Precipitaciones
P1	09:47	2° 8' 6.24" S	79° 35' 3.47" W	26 °c	Ausencia
P2	10:22	2° 8' 5.00" N	79° 35' 13.06" W	26 °c	Ausencia
P3	10:53	2° 8' 0.87" S	79° 35' 18.49" W	26 °c	Ausencia
P4	11:36	2° 7' 52.73" N	79° 35' 24.34" W	26 °c	Ausencia

Nota: la tabla muestra los parámetros geográficos y meteorológicos al momento de la toma de muestra. Fuente: Rodríguez, (2022).

Anexo 7. Tabla 4. Parámetros geográficos y meteorológicos In Situ en los puntos de muestreo

Tabla 5. Resultados obtenidos en laboratorio de parámetros físico-químico

Áreas Muestreadas	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	pH (unid.)	Sólidos Totales (mg/L)
P1. Puente Iglesia San Pedro	6.3	4.2	7.84	380
P2. Centro de Diálisis Milagro	6.4	4.7	7.68	366
P3. CNEL Milagro	5.9	4.2	7.35	311
P4. Puente Cementerio General	6.2	6.6	7.86	220

Fuente: SALBRA ,2024

Anexo 9. Tabla 5. Resultados obtenidos en laboratorio de parámetros físico-químico**Tabla 6. Resultados microbiologicos**

Áreas Muestreadas	Coliformes Fecales (NMP/ml)	Coliformes Totales (NMP/ml)	<i>E.Coli</i>
P1. Puente Iglesia San Pedro	381	1137	792
P2. Centro de Diálisis Milagro	1920	2589	699
P3. CNEL Milagro	1151	2499	1348
P4. Puente Cementerio General	30	55	25

Fuente: SALBRA ,2024

Anexo 8. Tabla 6. Resultados Microbiológicos**Tabla 7. Resultados de laboratorio**

Puntos de Muestreo	DBO (mg/l)	DQO (mg/l)	Ph (Unidades de Ph)	Sólidos Totales (mg/l)	<i>E. Coli</i> (NMP/100ml)	Coliformes Fecales (NMP/100ml)	Coliformes Totales (NMP/100ml)
P1. Puente Iglesia San Pedro	6,3	4,2	7,84	380	792	381	1137
P2. Centro de diálisis Milagro	6,4	4,7	7,68	366	699	1920	2589
P3. CNEL Milagro	5,9	4,2	7,35	311	1348	1151	2499
P4. Puente Cementerio General	6,2	6,6	7,86	220	25	30	55
Limite Acuerdo ministerial 097-A (2015)	<2	<4	6-9	-	-	1000	1000
SALBRA (2024)	20	40	6.5-9	-	-	-	-

Anexo 10. Tabla 7. Resultados de laboratorio

Tabla 8 Estadísticas Descriptivas

Variable	Media	Mediana	Desviación Estándar	Rango
DBO	6,2	6,3	0,22	0,5
DQO	4,93	4,45	1,08	2,4
pH	7,68	7,76	0,24	0,51
Sólidos	319,25	338,5	72,44	160
Totales				
E. Coli	716	745,5	592,32	1323
Coliformes	870,5	766	878,12	1890
Fecales				
Coliformes	1569,5	1593	1037,45	2534
Totales				

Rodríguez, (2024)

Anexo 11. Tabla 8. Estadísticas Descriptivas

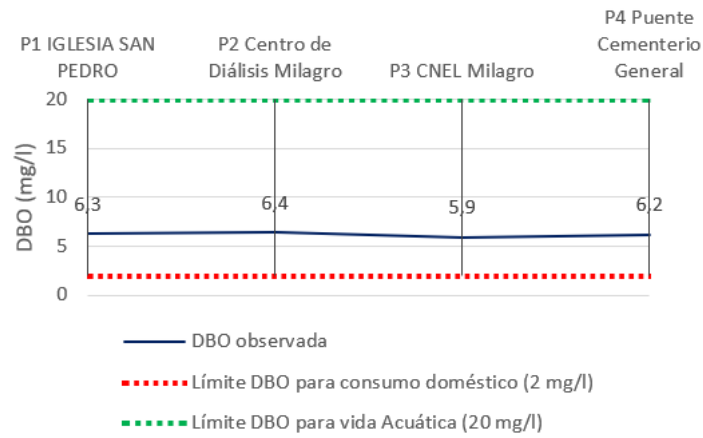
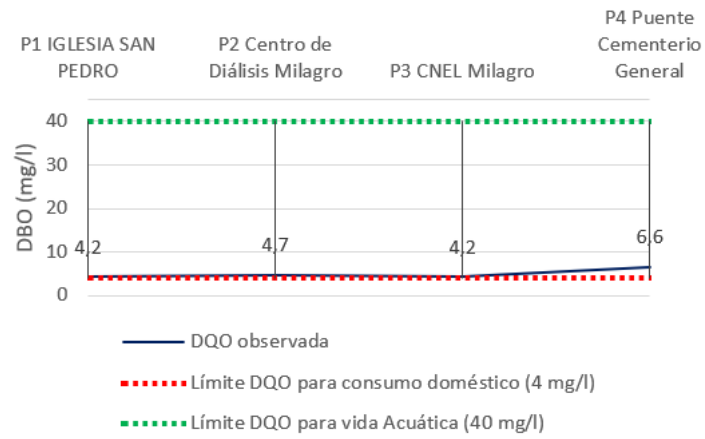
Figura 3 Valores DBO**Anexo 12. Figura 3. Valores DBO****Figura 4 valores DQO****Anexo 13. Figura 4. Valores DQO**

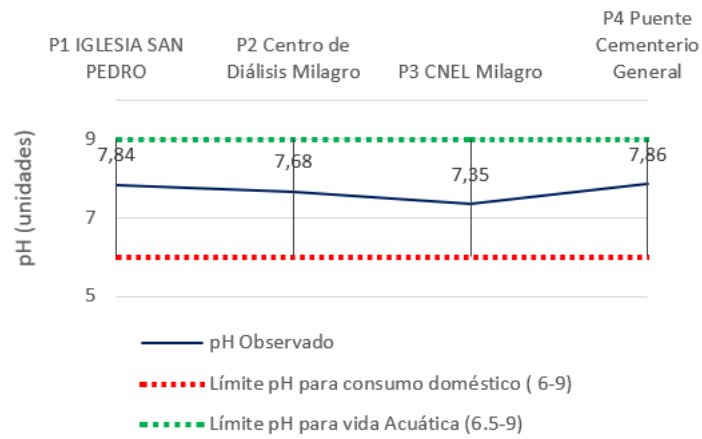
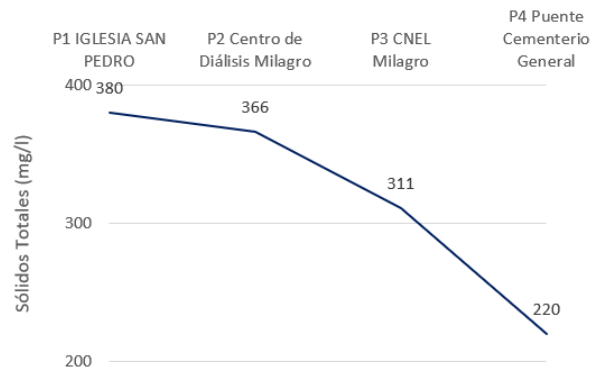
Figura 5. Valores de pH**Anexo 14. Valores de Ph****Figura 6. Sólidos Totales Observados****Anexo 15. Sólidos Totales observados**

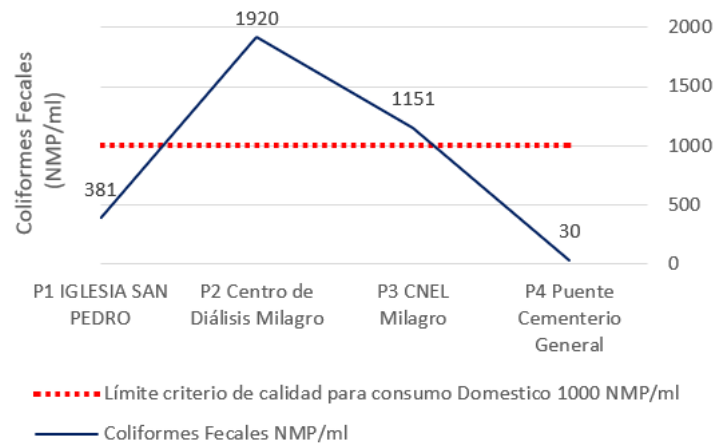
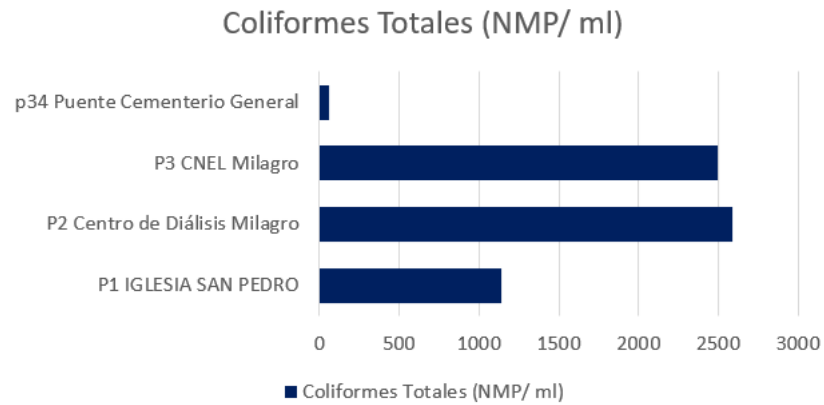
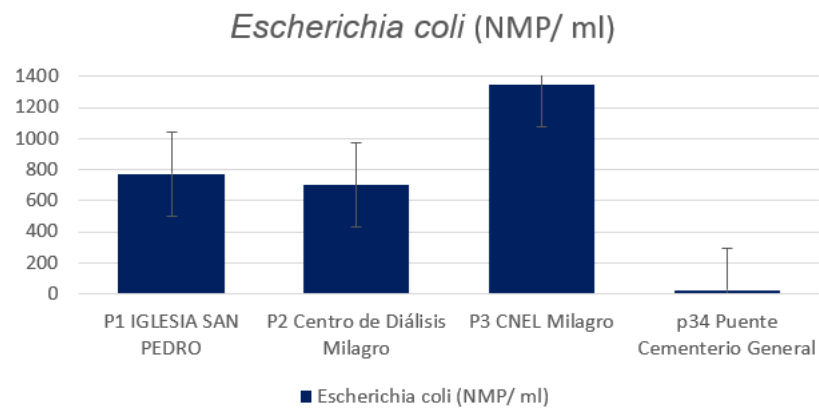
Figura 7 Coliformes Fecales**Anexo 16. Figura 7. Coliformes Fecales**

Figura 8. Coliformes Totales (NMP/ml)**Anexo 17. Figura 8. Coliformes Totales (NMP/ml)****Figura 9. Escherichia coli (NMP/ml)****Anexo 18. Figura 9. Escherichia coli (NMP/ml)**