

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

**EVALUACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA DEL CAUCE DE LA
QUEBRADA CARRETAS DE CARAPUNGO**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
TECNÓLOGA SUPERIOR EN AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL**

Kathya Lizette Quirindumbay Cuasapaz

kathya.quirindumbay@epn.edu.ec

DIRECTOR: ING. SANTIAGO STALIN GUERRA SALCEDO, M.Sc.

santiago.guerra@epn.edu.ec

CODIRECTORA: Dra. ANA LUCIA BALAREZO AGUILAR

ana.balarezo@epn.edu.ec

Quito, Febrero 2022

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por la Srta. Quirindumbay Cuasapaz Kathya Lizette como requerimiento parcial a la obtención del título de Tecnóloga Superior en Agua y Saneamiento Ambiental, bajo nuestra supervisión:



**Ing. Santiago Stalin Guerra
Salcedo, Msc**

DIRECTOR DEL PROYECTO

Dra. Ana Lucía Balarezo Aguilar

CODIRECTORA DEL PROYECTO

DECLARACIÓN

Yo Kathya Lizette Quirindumbay Cuasapaz con CI: 1723601322 declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Sin perjuicio de los derechos reconocidos en el primer párrafo del artículo 144 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación – COESC-, soy titular de la obra en mención y otorgo una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva de uso con fines académicos a la Escuela Politécnica Nacional.

Entrego toda la información técnica pertinente, en caso de que hubiese una explotación comercial de la obra por parte de la EPN, se negociará los porcentajes de los beneficios conforme lo establece la normativa nacional vigente.



Kathya Lizette Quirindumbay Cuasapaz

DEDICATORIA

Este proyecto de titulación lo dedico con todo mi amor y cariño a mi Mami, quien por sus oraciones y bendiciones a lo largo de mi vida me han protegido, cuidado y guiado por el camino correcto. Por su sacrificio y esfuerzo diario, para convertirme en una persona de bien, por eso te doy mi trabajo, en ofrenda a su paciencia y amor madre mía.

A mi pequeño y dulce Ariel, quien posiblemente en este momento no entienda mis palabras, pero cuando seas capaz, quiero que sepas que tú tiempo lejos de mí, tu espera, tu alegría, tu llanto y tu inocencia han logrado obtener este título universitario. Me has dado las fuerzas para buscar un mejor porvenir.

A mi ñañito Andrés, para que recuerdes que nadie tiene éxito sin esfuerzo, aquellos que tienen éxito se lo deben a la perseverancia. Te dedico este logro para demostrarte que los sueños con mucho esfuerzo se cumplen.

A mi abuelito Mesías, que no le falto un consejo para poner en orden mis pasos.

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios, por darme salud y vida para seguir mis sueños. Porque muchas veces había sido atado con grillos y cadenas, pero él había roto las cadenas y destrozado los grillos, y nadie era tan fuerte como para dominarlo.

Agradezco a mi Madre por ser la única persona que ha confiado desde el principio en mí, quien ha estado en las buenas y malas, por su apoyo incondicional y consejos, gracias Mami.

Agradezco a toda mi familia, Andrés, David, mi abuelita Lucila, mis primos: Ivonne, Santiago, Melany, mis tías: Ximena, Sofía, Paola quienes en lo largo de este proceso me han apoyado hasta donde pudieron sus alcances.

Agradezco a todos mis profesores por su tiempo y enseñanzas, quienes han compartido y contribuido en diferentes aspectos para que pueda obtener mi título universitario.

A mi compañero Anthony quien me hizo entender que no importa la edad para abrazar aquellas metas que sembramos en el corazón, los años nunca serán un impedimento, porque en la madurez llegarás a lo añorado.

A cada una de las personas que han conocido mis logros y mis temores, gracias por forjar la persona que soy ahora.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	Introducción	9
1.1	Objetivos	11
1.1.1	Objetivo general.....	11
1.1.2	Objetivos específicos	11
1.2	Justificación	11
1.3	Fundamentos teóricos	13
1.3.1	Contaminación del agua	13
1.3.2	Parámetros físicos, químicos y microbiológicos.	14
1.3.3	Índice de Calidad (ICA).....	20
1.3.4	Muestreo.....	21
1.3.5	Tabla comparativa	22
2	Metodología	24
2.1	Definición del área de estudio y	24
2.2	Selección de puntos de muestreo.....	24
2.3	Plan de muestreo	26
2.4	Análisis de parámetros	26
2.4.1	Análisis de parámetros <i>in situ</i>	26
2.4.2	Análisis de laboratorio.....	29
2.5	Cálculo del Índice de Calidad	35
2.6	Matrices de comparación.....	39
3	Resultados y Discusión.....	41
3.1	Resultados	41
3.1.1	Comparación de parámetros con la normativa.....	45
3.1.2	Grado de contaminación y calidad	49
3.1.3	Afecciones a la salud y contaminación.....	51
4	Conclusiones y Recomendaciones	56
4.1	Conclusiones	56
4.2	Recomendaciones.....	57

Referencias Bibliográficas.....	58
Anexos.....	62
Anexo 1 Mapa quebrada carretas	i
Anexo 2 Registro fotográfico	iii
Anexo 3 Ficha de muestreo	v
Anexo 4 Análisis de laboratorio Punto p1 y p2	vii
Anexo 5 Acuerdo Ministerial 097-A, Anexos de Normativa, REFORMA LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE	x

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de administración de la calidad del agua	14
Figura 2 Tabla de comparación	23
Figura 3 Selección de puntos de muestreo	25
Figura 4 Toma de muestras	27
Figura 5 Análisis con el multiparámetro (Punto P1 y P2).....	28
Figura 6 Determinación de turbidez (Punto P1 y P2).....	28
Figura 7 Preservación y almacenamiento de Muestras	29
Figura 8 Ensayo de tubos múltiples.....	30
Figura 9 Sólidos	31
Figura 10 Determinación de DQO(Laboratorio ESFOT)	32
Figura 11 Determinación de DBO5 (Laboratorio LDIA).....	33
Figura 12 Determinación de Mn y Al (Laboratorio ESFOT y LDIA)	35
Figura 13 Entrada (P1).....	41
Figura 14 Salida (P2)	42
Figura 15 Cerramiento de la quebrada punto P1	iv
Figura 16 Condiciones del punto P2.....	iv
Figura 17 Vegetación en el punto P2	iv
Figura 18 Condiciones del clima	iv
Figura 19 Condiciones del agua punto P1	iv
Figura 20 Entrada principal al punto 1	iv

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Ventajas y desventajas de un índice de calidad	21
Tabla 2 Puntos de Muestreo.....	25
Tabla 3 Reactivos y tiempo de espera de parámetros	34
Tabla 4 Coeficientes de ponderación.....	39
Tabla 5 Grado de calidad de agua.....	39
Tabla 6 Resultados de parámetros In situ.....	42
Tabla 7 Resultados de parámetros de laboratorio	43
Tabla 8 Comparación parámetros con el Acuerdo Ministerial 097-A, Tabla 2 y 9 (anexo 5)	46
Tabla 9 Resultados del índice de calidad de agua por cada parámetro	50
Tabla 10 Agentes contaminantes encontrados en relación con la sustancia y/o microorganismos que producirían la contaminación.....	52
Tabla 11 Sustancia y/o microorganismos con relación a las posibles enfermedades o afecciones de contacto al cauce	54

RESUMEN

El presente proyecto de titulación tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua del cauce de la quebrada Carretas de Carapungo, a fin de determinar el grado de cumplimiento con la normativa ambiental vigente.

Como primera etapa, se seleccionaron dos puntos de muestreo en base a la factibilidad de acceso a la quebrada y representatividad de la muestra. El primer punto se localizó en los extremos del barrio Puertas del Sol y el segundo en la entrada a Carapungo y los bordes de Carcelén. Para garantizar la calidad de las muestras de agua se elaboró un plan de muestreo, en el que se consideraron análisis de parámetros *in situ*, análisis de parámetros en laboratorio, conservación de la muestra, entre otros.

La segunda etapa, consistió en la actividad de campo, en donde se procedió a tomar las muestras y medir los parámetros *in situ*. Luego, se determinó los parámetros físico-químicos en los laboratorios del Centro de Investigación y Control Ambiental (CICAM), Laboratorio Docencia de Ingeniería Ambiental (LDIA) y Escuela de Formación de Tecnólogos (ESFOT) de la Escuela Politécnica Nacional. Como tercera etapa, se definió el índice de calidad del agua, se compararon los parámetros con los límites permisibles de normativa ecuatoriana y se analizaron las afecciones al medio ambiente y a la salud de los elementos encontrados.

Se concluyó que la calidad del agua de la quebrada Carretas no cumple con las especificaciones de la tabla 2 y 9 establecidas por el Acuerdo Ministerial 097-A, Anexos de Normativa, Reforma libro VI del Texto Unificado de Legislación secundaria del Ministerio del Ambiente en los parámetros de: aluminio, cobre, cromo, hierro, manganeso, sulfatos, oxígeno de saturación, tensoactivos, nitritos, nitratos y DQO; y, fosfatos, tensoactivos, DQO y coliformes fecales, respectivamente.

PALABRAS CLAVE: quebrada Carretas, calidad del agua, descargas de aguas residuales.

ABSTRACT

The objective of this project was to evaluate the water quality of “Quebrada Carretas de Carapungo”.

As a first stage, two sampling points were selected based on the feasibility of access to the water stream and the representativeness of the sample. The first point was located at the ends of the Puertas del Sol neighborhood and the second at the entrance to Carapungo and the ends of Carcelén. To guarantee the quality of the water samples, a sampling plan was drawn up, which considers analysis of on-site parameters, analysis of parameters in the laboratory, conservation of the sample, among others.

The second stage consisted of the field activity where the samples were taken and on-site parameters were measured. Next, the chemical parameters were determined in the laboratories of the Center for Environmental Research and Control (CICAM), LDIA and ESFOT that are part of the National Polytechnic School. As a third stage, the water quality index was defined, the parameters were compared with the permissible limits of Ecuadorian regulations and the effects on the environment and health of the elements found were analyzed.

It was concluded that the water quality of the Carretas stream does not meet the specifications established by Acuerdo Ministerial 097-A, Anexos de Normativa, Reforma libro VI del texto unificado de legislación secundaria del Ministerio del Ambiente.

KEYWORDS: Carretas creek, water quality, wastewater discharges.

1 INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas actuales de contaminación al medio ambiente, se manifiesta por las descargas de residuos que provienen por las actividades humanas y de la naturaleza, dando lugar a utilizar el recurso hídrico vital de forma inadecuada. Tema que es de discusión y análisis, no solo en el campo ambiental, sino también de forma sociopolítico, ya que el control y la determinación depende de la habilidad económica del país para modificar o mejorar la calidad del agua (Ramírez, 2011).

Entre los usos básicos del agua está el abastecimiento de agua al sistema alcantarillado, industria, recreación, comercial, deportiva y para mantenimiento del balance ecológico. Como producto de estos usos se generan las aguas residuales, las cuales como país en desarrollo son vertidas a cuerpos hídricos sin previo tratamiento. Además, el rápido crecimiento industrial y demográfico, combinado con la necesidad de mejorar la calidad de vida, está produciendo desinterés en los efectos dañinos hacia la naturaleza y los seres humanos (Ramírez, 2011).

En Pichincha, cantón Quito, se encuentra el sector de Carapungo, en donde las principales actividades de desarrollo social son comerciales y de servicio (restaurantes, supermercados, cerrajerías, bodegas industriales, mecánicas, textiles, bodegas de productos farmacéutico, entre otros.). Entre los residuos industriales se destacan el transporte de los metales en sistemas hidrológicos, los cuales tienen que ser controlados por procesos de transformación física, química y biológica. Además, la mayoría de los contaminantes (metales, pesticidas e hidrocarburos) en vertientes naturales muestran una alta afinidad a la materia particulada, que como consecuencia los sedimentos se enriquecen a partir de estos. (Hansen, Zavala, & Bravo, 1995)

Desde un punto de vista externo las medidas de control ambiental son mínimas, motivo por el cual se tiende a creer que no generan impactos ambientales. Pero, este no es el caso de la llamada quebrada Carretas de Carapungo, que forma parte del sistema macro drenaje de aguas pluviales, la cual a partir del año de 1999, se le dio un uso de transporte de aguas residuales, debido al hecho de que el sector de Carapungo no cuenta con una infraestructura adecuada para el tratamiento y transporte de aguas residuales, motivo por el cual se les hace trabajar juntamente con el alcantarillado (Rojas, 2016).

La quebrada Carretas está denominada por los moradores como agujeros de basura, se encuentra afectada por descargas de aguas industriales y domésticas, aguas servidas, escombros, disposiciones de residuos, asentamientos en bordes y taludes que alteran la vegetación del lugar y contaminan el agua (Chapaca & Fernanda, 2014).

Según una entrevista hecha por TVC (2021), a los moradores del barrio Puertas del Sol, por donde la quebrada atraviesa, mencionan que 100 casas se extienden a los alrededores de la quebrada carreteras, de las cuales 40 se encuentran en peligro por el deslizamiento de los taludes. La pérdida del talud de la quebrada carretas se ha producido por las conexiones de tuberías de manera ilícita para las descargas de aguas residuales del sector industrial que se encuentran en los alrededores. Además, existen conexiones ilícitas de descargas de aguas servidas por parte de los conjuntos del sector en la quebrada.

Consideraciones como: la baja concentración de oxígeno disuelto en el agua, lo cual daña el ecosistema y molesta físicamente el lugar; la presencia de bacterias que inutilizan el líquido vital para recreación, las trazas de algunos metales pesados en el agua que pueden, a largo plazo, producir cáncer y toxicidad a las personas que se exponen diariamente, son la consecuencia de una falta de planeación y desconocimiento de los posibles impactos ambientales que puede producir la exposición continua a estas aguas residuales (Ramírez, 2011). Esto último, ha dado lugar a evaluar la calidad del cauce que atraviesa por la quebrada Carretas de Carapungo. Por consiguiente, es imperativo desarrollar métodos que permitan saber el grado de alteración de este recurso natural.

El objeto del presente estudio fue evaluar la calidad del agua del cauce de la quebrada Carretas de Carapungo, mediante los análisis químicos, físicos, microbiológicos e índices de calidad del agua, lo cual permitirá reducir la información a una expresión sencilla para obtener respuestas coherentes.

Además, de determinar el grado de contaminación del cauce, se analizaron cuáles son los efectos o infortunios causado al medio ambiente y a la salud de las personas que tienen mayor contacto con el sitio a partir de los elementos encontrados en este recurso hídrico.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

Evaluar la calidad del agua del cauce de la quebrada Carretas de Carapungo.

1.1.2 Objetivos específicos

- i. Evaluar comparativamente los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de una muestra representativa del cauce de la quebrada Carretas con la normativa ecuatoriana vigente.
- ii. Analizar el grado de contaminación y calidad del cauce de la quebrada Carretas mediante índices de calidad.
- iii. Determinar los aspectos de afección a la salud y al ambiente de los elementos contaminantes encontrados en el cauce de la quebrada Carretas.

1.2 Justificación

Desde tiempos pasados la contaminación antropogénica del agua hacia los ríos, lagos y embalses, que son los que reciben los residuos producidos por la sociedad ha venido desencadenando problemas ambientales, que en la actualidad ya están afectando a las personas (Bravo, Saldaña, Izurieta, & Mijangos, 2013).

Entender las funciones ecosistémicas de los espacios naturales por parte de las personas es un principio básico para la conservación y manejo sostenible, sin embargo, grandes áreas de bosques, quebradas, tierras agrícolas, territorios y paisajes, han sido transformados en suelo urbano. Las quebradas son elementos naturales eficaces para la contención de lluvias extremas y/o inundaciones, a su vez la vegetación boscosa ayuda a disminuir la escorrentía que producen las lluvias torrenciales. Pero, el círculo vicioso de transformar laderas y bosques en suelo urbano para asentar viviendas o industrias los convierte en sectores vulnerables a desastres a corto o largo plazo (Roldan & Latorre, 2021).

En América Latina, se ha priorizado cubrir las necesidades de saneamiento de agua potable de los sectores vulnerables, lo que deja de lado la gran porción de agua residual producida por las actividades que realizan. Esta porción de agua puede considerarse contaminante si se encuentra en concentraciones excesivas de sustancias químicas, sedimentos, nutrientes, microorganismos, grasas, aceites,

pesticidas, entre otros; lo cual impide, a los cuerpos receptores, la autodepuración natural (Bravo, Saldaña, Izurieta, & Mijangos, 2013).

Dentro del Distrito Metropolitano de Quito se concentra el mayor porcentaje de empresas que tienen una estructura productiva basada en la riqueza petrolera, producción primaria e industria manufacturera, y como consecuencia, una variedad de procesos industriales. Estos procesos abarcan diferentes tipos de contaminantes en sus aguas residuales que, al ser en muchos de los casos descargadas de forma ilícita a espacios naturales como quebradas, dan lugar a un grave problema ambiental (Choto, 2017). Estas aguas residuales pueden experimentar altos niveles de contaminación debido a sus propiedades físico-químicas y por su contenido de compuestos orgánicos e inorgánicos, el cual permite hallar grandes cantidades de sustancias contaminantes que varían entre sólidos, líquidos y gases que posteriormente alterarán en gran cantidad las propiedades y la calidad del agua (Jiménez, 2016).

Por ello, la evaluación de la calidad de estos efluentes, en los cuales se producen las descarga de las aguas residuales, constituye un aspecto fundamental desde un punto de vista ambiental y social (Fernandez, 2017).

La evaluación de la calidad del agua de la quebrada Carretas de Carapungo permitirá identificar y valorar las afecciones del cauce, no solo desde un criterio técnico, económico y social sino también tomando en cuenta criterios ambientales para conocer el grado de alteración que ha sufrido, como también los posibles motivos que los produjeron (Jiménez, 2016).

Además, será determinante el análisis de parámetros fisicoquímicos y biológicos que, mediante indicadores, darán paso a interpretar y comparar los datos que se recopilen con los límites permisibles de descarga en diferentes tipos de cuerpos hídricos, vigentes en la ley correspondiente ecuatoriana (Nathalia Samboni, 2017).

Facultara el saber cuáles son los posibles daños que está causando al ambiente, como así también las posibles afecciones en la salud de los ciudadanos que puedan generarse por la continua exposición a este tipo cauce contaminado (Chisaguano, 2015).

1.3 Fundamentos teóricos

1.3.1 Contaminación del agua

Está definido que, un agua contaminada es aquella donde el estado o composición natural ha sido alterada, de tal modo que pierde los requerimientos necesarios para un uso determinado. El agua contaminada tendrá alteraciones físicas, químicas y microbiológicas, por lo que posterior a estos cambios no será capaz de cumplir sus funciones ecológicas dentro del medio natural (Rodríguez, 2009). Uno de los casos que se puede destacar son las agua lluvia, que es un recurso natural renovable que posee bajos índices de contaminación donde sus condiciones físicas, químicas y microbiológicas dependerá de los componentes presentes en el aire, actividades antrópicas y condiciones naturales (Ospina & Ramírez, 2014).

La modificación del líquido vital puede producirse de dos maneras, la primera de forma natural, que por lo general son parte de la cadena en el ecosistema las cuales no provocan elevadas concentraciones de contaminantes. Y la segunda, las de origen antrópico que se generan por las diferentes actividades desarrolladas por los seres humanos, como puede ser la industrialización, que parte de sus procesos utilizan un mayor uso del agua y como consecuencia generación de residuos sólidos y aguas residuales. Dentro de las principales fuentes de contaminación están: descargas de aguas residuales de las zonas urbanas (domiciliarias, negras y limpieza), descargas de explotaciones ganaderas y agrícolas (contienen orines y estiércol contaminadas de microorganismos, bacterias, sólidos no procesados, material orgánico, nitrógeno, plaguicidas, fosforo, herbicidas, entre otros), los vertidos industriales (las del refinado del petróleo, metalúrgicas, papelera, textil, curtidos; que generan aguas con: cianuros, fenoles, grasas químicos orgánicos, detergentes, metales pesados, material tóxico y biológico dependiendo la actividad en específico) y, finalmente otros motivos de contaminación como por ejemplo transportes acuáticos a motos, edificaciones de presas y explotaciones mineras que vierten trazas de contaminantes como mercurio, cinc, cadmio y plomo (Rodríguez, 2009).

Por lo tanto, para la administración de cualquier recurso hídrico que se quiera mantener en condiciones aptas de calidad del agua (como se muestra en la figura 1), se necesita el siguiente proceso: como primer paso las descargas se vierten en el sistema ecológico, un río, lago estuario o región oceánica, lo cual por fenómenos químicos, biológicos y físicos contaminan el recurso hídrico. Después, a través de monitoreo y análisis se determina el uso requerido para un particular específico. Estas

utilidades se traducen en comparar la concentración de la sustancia en la descarga del residuo con la norma de salud pública y ambiental competente. La comparación entre los resultados y los límites permisibles dan lugar a crear e implantar medidas de control a fin de reducir la concentración real (Ramírez, 2011).

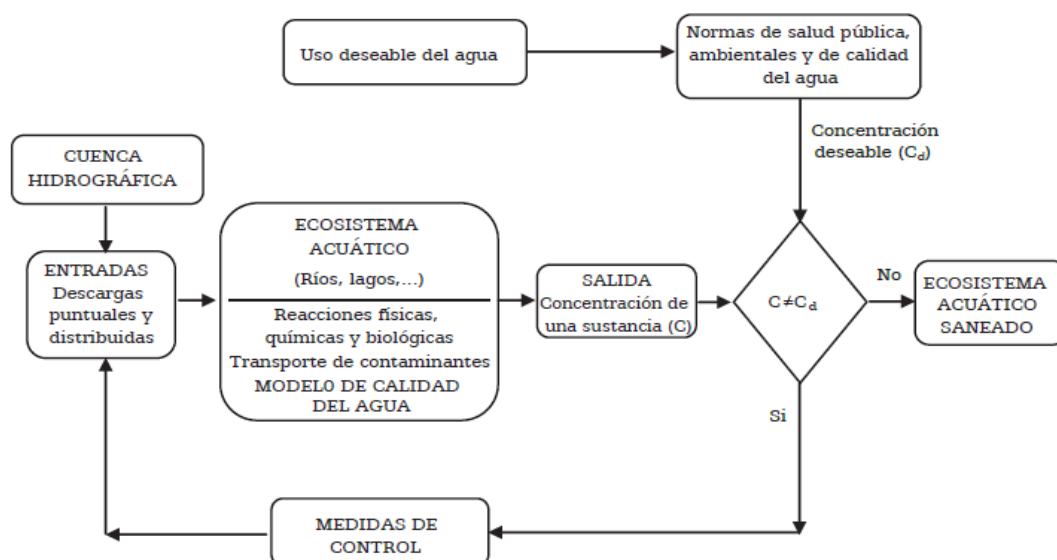


Figura 1. Proceso de administración de la calidad del agua (Ramírez, 2011)

Bajo estas consideraciones, para evaluar el nivel de contaminación de un cuerpo de agua los parámetros a monitorear son: físicos, químicos y microbiológicos en base a la siguiente normativa: Acuerdo ministerial 097-A, Libro VI Anexos de Normativa del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE).

Para corroborar la calidad del agua, los indicadores ambientales que permitirá el análisis son: parámetros físicos, químicos y microbiológicos.

A continuación, se describen los parámetros.

1.3.2 Parámetros físicos, químicos y microbiológicos.

A fin de detonar el grado de pureza o contaminación presente en un cuerpo hídrico es requerido la cuantificación de ciertos parámetros. Estos parámetros en lo que refiere a calidad del agua se clasifican en químicos, físicos y microbiológicos, para lo cual existen una diversidad de formas y un sin número de metodologías para cuantificar estos parámetros. Por esto, agencias internacionales cuyos objetivos son estudiar y dar vigilancia a la calidad del agua han llegado a estandarizar las metodologías y los

criterios para realizar análisis de laboratorio referente a la calidad del agua (Ramírez, 2011).

I. Parámetros físicos

Esta comprendido de sustancias que repercuten de manera directa sobre las características estéticas del agua.

- **Conductividad eléctrica / salinidad**

Consiste en la capacidad que tiene el agua para poder transportar, a través de los iones positivos y negativos, una corriente eléctrica. Sirve como indicador de fugas de aguas residuales o de una filtración en agua subterránea presente. Mediante una sonda eléctrica se realiza su medición y es expresada en unidades de siemens por centímetro (S/cm). En aguas superficiales la conductividad eléctrica varía entre 700 y 1200 (S/cm) (Alvaro Calo y Francisco Guerrero, 2019).

- **Potencial de hidrogeno (pH)**

Indica la cantidad de iones de hidrógeno presentes en una muestra. El pH determina acidez o alcalinidad, por lo cual a valores menores a 7 es considerado como ácidos y a mayores de 7 como alcalino, cuando el valor es igual a 7 es neutra. La acidez natural se produce por la presencia de CO₂, mientras que la alcalinidad natural por carbonatos y bicarbonatos. (Martel, 2004)

- **Sólidos totales (ST)**

Es la materia sólida que resulta, en forma de residuo, después de haber aplicado una evaporación y secado de cierta muestra a temperaturas de entre 103°C a 105°C. Es la combinación de sólidos suspendidos y disueltos, cuando los valores son elevados causan un sabor desagradable y aspecto visual turbio. Los principales componentes que generan los ST son: metales, minerales, hojas, aguas residuales, desechos industriales, entre otras (Bunce, 2019)

- **Temperatura**

Considerado un parámetro muy influyente en la química del agua, dado que en actividades biológicas produce retardos o aceleraciones, saturación del oxígeno disuelto, desinfección, precipitación de compuestos, mezclas, filtraciones,

sedimentación o floculación. El análisis se realiza *in situ* y la unidad en que se mide es en grados centígrados (°C) (Martel, 2004)

- **Turbidez**

Consiste en la obstaculización del paso de la luz por materiales en suspensión. La turbidez en niveles altos se relaciona con organismos patógenos presentes en el agua, que producen diferentes tipos de afecciones en la salud de los seres humanos. La unidad en que se mide es NTU, que significa unidad nefelometría de turbidez (Corral, 2016).

- **Oxígeno disuelto (OD)**

Es la cantidad de oxígeno del aire que se ha disuelto en el agua y es directamente proporcional a la presión e inversamente proporcional a la temperatura. Cuando el valor del oxígeno disuelto es elevado mejor es la calidad de agua de la muestra, mientras que cuando es demasiado bajo indica contaminación, como consecuencia los organismos acuáticos no pueden sobrevivir (Pulla, 2007).

II. Parámetros químicos

Los parámetros químicos referentes a la calidad del agua se pueden dividir en dos diferentes tipos: indicadores, que consisten en aquellos parámetros que presentan concentraciones en los cuerpos hídricos ocasionadas por las interacciones y presencia de varias sustancias; y sustancias químicas, debido a que el agua por ser considerado solvente natural, existe la posibilidad que se encuentre presente en ella muchos elementos y compuestos químicos (Ramírez, 2011).

- **Oxígeno disuelto (OD)**

Es la cantidad de oxígeno del aire que se ha disuelto en el agua y es directamente proporcional a la presión e inversamente proporcional a la temperatura. Cuando el valor del oxígeno disuelto es elevado mejor es la calidad de agua de la muestra, mientras que cuando es demasiado bajo indica contaminación, como consecuencia los organismos acuáticos no pueden sobrevivir (Pulla, 2007).

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)**

Permite medir la cantidad de oxígeno requerido para la respiración de los microorganismos responsables de la estabilización u oxidación de la materia orgánica

a través de su actividad metabólica en medio aerobio (Sanchez, 2000). Es una prueba empírica con métodos estandarizados de laboratorio que tiene, a una temperatura de 20°C, un tiempo de incubación de 5 días. Los factores que alteran la lectura de la concentración DBO son: temperatura, toxicidad y pH (Sanchez, 2000).

- **Demanda Química de oxígeno (DQO)**

Es la destrucción por ebullición de agentes oxidantes que se encuentran en un medio ácido de la materia orgánica. En aguas residuales, expresa el poder contaminante para descomponer la materia orgánica de compuestos tóxicos a los microorganismos. La DQO está correlacionada con la DBO y puede determinarse en 3 horas. (Sanchez, 2000)

- **Tensoactivos (SAAM)**

Son agentes de tensión superficial con una amplia gama de compuestos químicos, sus características están ligadas a la detergencia, resistencia a la dureza del agua, solubilidad, dispersión, emulsión y humectación. Son vertidos y arrastrados por las aguas residuales hacia los suelos y aguas superficiales que posteriormente incrementan el pH, malos olores y toxicidad de aguas residuales, llegando a cambiar en las especies acuáticas su ciclo de vida. Repercuten de manera directa en la sedimentación, coagulación, y floculación sobre las plantas que dan lugar a la depuración (Romero, 2019).

- **Metales pesados**

El ciclo de vida del agua es tan extenso que es posible que el agua llegue a tener contacto con diversas sustancias químicas, que pueden considerarse “tóxicas”, ya que su concentración y exposición hacia la especie humana o a los ecosistemas producen efectos negativos. Las sustancias presentes en el líquido vital interfieren en los usos requeridos de este recurso hídrico, como es el claro ejemplo en las aguas de escorrentía donde quizá se encontrarán agroquímicos o en las aguas subterráneas y superficiales contaminadas por el lixiviado producido en sitios de disposición de desechos químicos (Ramírez, 2011).

Los tóxicos presentes en el agua pueden ser agrupados por categorías, como podría ser el caso de su función (pesticidas, productos para el aseo, entre otros), o según el proceso industrial (textil, agricultura, petroleras, entre otros), sin embargo, se han categorizado las sustancias químicas como “contaminantes prioritarios” entre los

cuales están los metales pesados que se considera que poseen una densidad que supera en gran cantidad a la del agua. Entre los metales pesados que podemos encontrar están:

- **Hierro total (Fe)**

En la corteza terrestre se presente en gran abundancia, en el agua se puede presentar como férrico insoluble o ferroso soluble. Los sedimentos de hierro en el recurso hídrico pueden dar la presencia de trazas de impureza o bacterias que es perjudicial para la salud. (Leon, 2016)

- **Cobre (Cu)**

El cobre es un metal que es aplicado en las industrias y en la agricultura. Se libera en las aguas a través de la corrosión de las tuberías y posteriormente se enlazan en los sedimentos y en las partículas de suelo. En los organismos acuáticos la toxicidad del cobre varía dependiendo de las características químicas y físicas del agua (temperatura, dureza, turbiedad y contenido de CO₂) y el tipo de especie (Ramírez, 2011).

- **Aluminio (Al)**

Se encuentra presente en la parte estructural de las arcillas que están presentes como componente natural en el agua. Se encuentra presente en formas de sistemas coloidales o formas solubles, produce turbiedad y tienen propiedades anfóteras lo cual confieren un pH bajo. Para retirar las sales de aluminio solubles, el tratamiento consiste en la formación de hidróxido de aluminio y por coagulación (Martel, 2004).

- **Cromo (Cr)**

Se encuentra presente en los efluentes industriales papeleras, de acero y curtiembres los cuales se unen a los cuerpos de hídricos superficiales. La presencia de material orgánico permite que el Cr⁺⁶ de carácter tóxico por tener efectos fisiológicos adversos, se transforme en Cr⁺³ que no es dañino para la salud. Por su alta capacidad soluble la remoción del Cr⁺⁶ es más complicado, por ello se utiliza la cloración, por la oxidación el Cr⁺³ pueden transformarse en Cr⁺⁶ y derivando en una complicación del tratamiento de agua (Martel, 2004) .

- **Fosfatos (PO_4^{-3})**

El fósforo inorgánico se encuentra presente como mineral o como partículas en solución, los cuerpos de organismos acuáticos o fragmentos sueltos. La mayor concentración de fosfatos produce el crecimiento de las algas de manera desmedida, este desarrollo descontrolado de materia orgánica viva conduce al proceso de eutrofización, lo que deriva en una afección a la cantidad de oxígeno presente en el agua. (Bolaños, 2017)

Los fosfatos se encuentran en diferentes cantidades en el agua de lluvia que puede llegar a filtrarse en los suelos agrícolas. En los vertidos de aguas residuales los polifosfatos provienen de los detergentes y jabones. (Bolaños, 2017)

- **Nitratos (NO_3^-) y Nitritos (NO_2^-)**

El nitrito (NO_2^-) se puede llegar a convertir en nitrato (NO_3^-) de una manera sencilla y debido a su solubilidad, en las industrias es utilizado como fertilizante para el crecimiento de las plantas. Una de las fuentes de contaminación por compuestos nitrogenados son las actividades ganaderas o urbanas, por efluentes orgánicos ganaderos, vertidos de residuos industriales, aguas residuales urbanas y lixiviación, entre otros. (Bolaños, 2017)

- **Sulfatos (SO_4^{2-})**

Se presentan con gran abundancia en la naturaleza, siendo encontrados principalmente en lechos rocosos de los ríos o en los suelos. Las emisiones de dióxido de azufre originadas por diferentes tipos de actividades humanas como la originada de motores movidos por combustible diésel elevan los niveles de sulfato en aguas superficiales y de lluvia (Bolaños, 2017).

- **Manganeso (Mn)**

Está presente en diversos tipos de rocas, por lo que, en la naturaleza se encuentra mezclado con azufre, oxígeno y cloro. Tiene un uso dedicado principalmente a la elaboración de acero para elevar la solidez, dureza y rigidez, también es usado para mejorar el octanaje en la gasolina como aditivo. La acumulación de manganeso en los sistemas de aguas puede producir un color rojizo y tapar las tuberías, sin embargo, no causan problemas de salud (L, 2000).

III. Parámetros Microbiológicos

Los microorganismos presentes en el agua pueden ser de carácter infeccioso o no infeccioso, los cuales son causantes de producir enfermedades a seres vivos. Entre las enfermedades más comunes que se transmiten por la presencia de microorganismos infecciosos en el agua están la gastroenteritis, la cólera, infecciones como: fiebre tifoidea, conjuntivitis, hepatitis A, parasitismo, etc. Esto ha originado la elección del parámetro para determinar la calidad bacteriológica del agua (Ramírez, 2011).

- **Coliformes fecales y totales**

Son microorganismos facultativos que llegan a fermentar la lactosa como ácido y gas. Estos pueden ser no esporulados, aerobios o anaerobios y bacilos Gram negativos. Se encuentran presentes en el tracto digestivo del ser humano y animales en la flora normal, que son evacuados por las heces, por ejemplo E.coli. En la microbiología los coliformes son indicadores de prácticas higiénicas inadecuadas. Se dividen en Coliformes Fecales y Coliformes Totales. El conteo de estos microorganismos se ejecuta a través la metodología de los tubos múltiples de fermentación o el método de los filtros de membrana, procedimientos que se encuentran estandarizados (Hernández, 2016).

1.3.3 Índice de Calidad (ICA)

La calidad del agua es una definición que depende de la utilidad del recurso hídrico que se quiere evaluar, en este caso la utilidad del agua es para determinar la conservación del ecosistema natural con todos requerimientos para que pueda ser funcional. Entonces, para la selección de los índices de calidad se requiere integrar la mayoría de parámetros o variables que puedan caracterizar el líquido vital (Ramírez, 2011). Es un método estandarizado de expresiones matemáticas para predecir el grado de contaminación de un recurso hídrico. Tiene una escala de 0 a 100, entre más bajo sea el resultado del ICA más contaminación tiene el cuerpo hídrico evaluado. Contiene 3 partes para el cálculo correcto (Calo, 2019):

- Determinación de parámetros físicos, químicos y microbiológicos
- Cálculo por medio de ecuaciones definidas para cada parámetro seleccionado
- Agrupación del resultado por parámetro para obtener un valor general

El cálculo del ICA en la mayoría de las metodologías planteadas por investigadores, requieren de arduos cálculos, por lo que es adecuado mantener el orden para evitar errores matemáticos y simplificar de la forma adecuada los resultados de los índices, de ésta manera será más fácil su determinación (Ramírez, 2011). Las ventajas y desventajas cuando se va a utilizar un modelo de índice ya desarrollado pueden ser diversas, pero las descritas en la tabla 1 son las que valen tomar en cuenta.

Tabla 1 Ventajas y desventajas de un índice de calidad (Ramírez, 2011)

Ventajas de utilizar un índice de calidad del agua ya desarrollado	Desventajas de utilizar un índice de calidad del agua ya desarrollado
- Debe ser un índice que ahorre tiempo y esfuerzo técnico.	- No siempre se puede medir los parámetros o variables incluidas en la expresión para el índice.
- Es recomendable que el índice permita hacer comparaciones con resultados obtenidos en otras regiones.	- Pierden validez en el tiempo. Por ejemplo en los años 50 se desarrolló el índice de saprofitos para evaluar la calidad del agua desde el punto de vista biológico. Actualmente, los saprofitos han sido reemplazados por los macroinvertebrados que han reportado resultados más representativos.

1.3.4 Muestreo

Recoger y analizar una muestra de agua, tiene como objetivo determinar la composición química y física de un cuerpo de agua y la disponibilidad para ser utilizado. Por lo tanto, el muestreo es una operación que consiste en obtener una porción seleccionada del criterio en estudio, de tal manera que sea representativa en las propiedades que se desea analizar. Si se obtienen muestras que no son representativas del cuerpo de agua, ocurren interpretaciones equivocadas de las propiedades del cuerpo hídrico en estudio. Se considera representativa cuando se considera los siguientes enunciados: la homogeneidad del cuerpo de agua a ser muestreado, el número de puntos muestreados, el tamaño de la muestra individual y la forma en que se efectúe la recogida de la muestra (Quiñones & Guzmán, 2000)

Ya que los cuerpos en su mayoría no son completamente homogéneos, la toma de la muestra dependerá de la técnica empleada, así como el tamaño y número de las muestras. Sin embargo, muchos cuerpos naturales están sujetos a fuerzas que

influyen en la homogeneidad, como es la turbulencia, procesos físicos, químicos y biológicos. La utilización de instrumentos automáticos reduce sustancialmente algunos errores de muestreo, pero a su vez la mala elección del lugar para la recogida de la muestra puede inducir a errores (Quiñones & Guzmán, 2000).

Entre los tipos de muestras más utilizados están la muestra compuesta, que está contenida por dos o más muestras de porciones, y como resultado mediante un promedio se obtiene una característica determinada; y la muestra puntual, que es una cantidad de agua que se puede tomar al azar en cualquier lugar y tiempo determinado (INEN, 2013).

Las muestras puntuales o individuales permiten la investigación de una posible polución o contaminación presente, lo cual permite estimar la calidad del agua, razón por la cual el proceso de muestreo conlleva una serie de características para conservar la autenticidad de la muestra, dentro de las principales están:

- Identificación del agua
- Selección de lugar
- Consideración del tamaño de la muestra
- Determinación del procedimiento a seguir para el muestreo
- Ejecución del plan de muestreo
- Recolección de datos

1.3.5 Tabla comparativa

Al comparar, lo primero que se realiza es obtener de alguna manera, características o rasgos descriptivos de los objetos implicados en la comparación. Una tabla comparativa, como se observa en la figura 2, es una figura o tabla de varias entradas que muestra información específica de manera resumida y concentrada por medio de filas y columnas, donde el objetivo principal es comparar características de enunciados del mismo tipo o igual categoría (Mandujano, Figueroa, & Calvo, 2016).

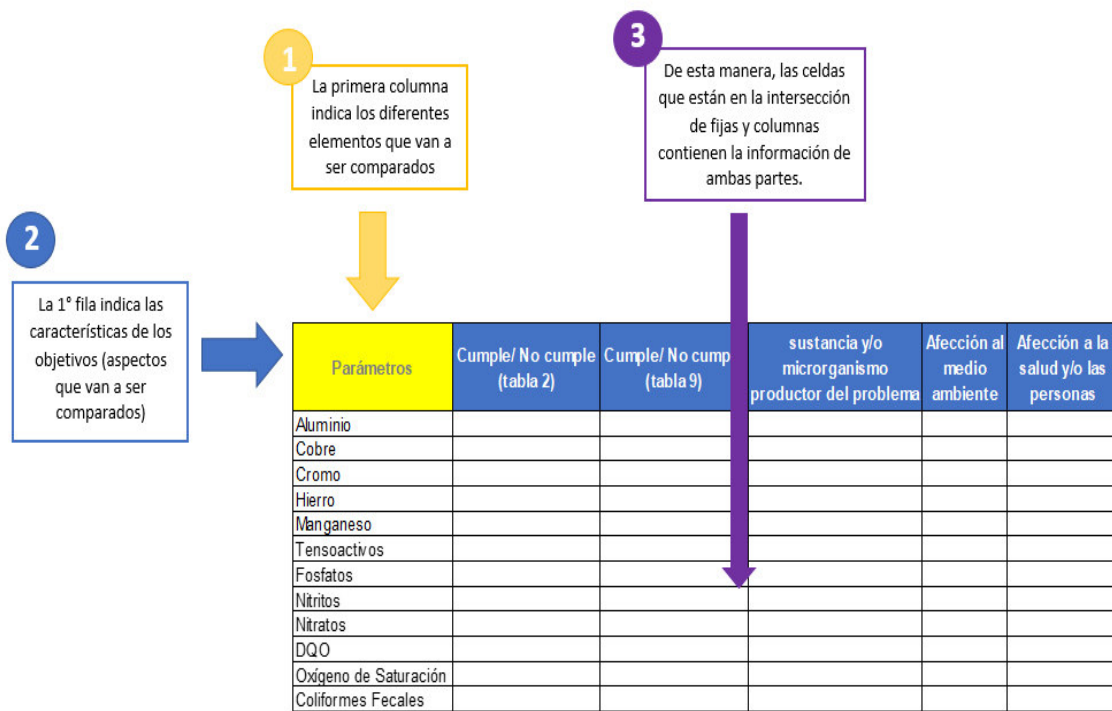


Figura 2 Tabla de comparación

2 METODOLOGÍA

2.1 Definición del área de estudio y

Por la quebrada circunda La vía Panamericana Norte (E35) que contienen edificaciones y casas de construcción mixta que utilizan adobe y ladrillo, los cuales se localizan muy cerca de los bordes de la quebrada Carretas. En cuanto al paisaje rural se visualizaron cinturones de bosque seco, arbustos, pastos, pencos, entre otros.

Estos asentamientos humanos, la industrialización del sector, la presencia de transporte público y accesibilidad a las vías aledañas del sector de la quebrada no presentaron inconvenientes. Carapungo cuenta con un clima cálido seco, lo cual resultó favorable para obtener una muestra sin interferencias de agua lluvia. También se tomó en cuenta la seguridad en los alrededores para evitar riesgos de accidentes o lesiones personales.

Con el fin de seleccionar los mejores puntos para tomar las muestras para los análisis, se inició caminando por los alrededores de la quebrada, se visualizó el estado del cauce y las fuentes de contaminación más cercanas entre las que se pudieron denotar conexiones ilícitas de descargas industriales y derivaciones del sistema de alcantarillado. A esto, además se identificó una estructura de captación del cauce, que atraviesa la Avenida Panamericana Norte hasta una de las entradas del Centro Comercial Portal Shopping.

2.2 Selección de puntos de muestreo

Siguiendo un enfoque de factibilidad de acceso a la quebrada, representatividad de la muestra, ubicación, clima, contacto directo con el cuerpo hídrico, transporte y carga de las muestras los puntos seleccionados fueron: Punto P1, ubicado al costado de las instalaciones de la empresa Yambal Ecuador, en donde su principal actividad económica es la producción, fabricación y venta de productos de perfumería, cosméticos y artículos de uso personal; y Punto P2, al frente de las instalaciones del Centro Comercial Portal Shopping. Ambos puntos se encuentran distanciados entre sí, alrededor de 650 metros, como se señala en la tabla 2, figura 3 y anexo 1.

A un kilómetro a la redonda de los puntos a muestrear se detectó la existencia de alrededor de 7 conjuntos residenciales y más de 19 industrias que iban desde mecánicas automotrices hasta fábricas.

2.3 Plan de muestreo

Para que se garantice la calidad de las muestras de agua, se elaboró de forma programada un plan de muestreo para poder sintetizar la información más relevante. En base a este antecedente, como material necesario para el día del muestreo se realizó una plantilla que se aprecia en el anexo 3, en esta plantilla se registró los resultados analíticos de los puntos P1 y P2.

La plantilla del plan de muestreo contó con la siguiente información:

- Datos del muestreador
- Ubicación
- Sitio de muestreo
- Horario de muestreo
- Tipo de cuerpo hídrico y tipo de flujo
- Parámetros a medir (físicos, químicos y microbiológicos)
- Tipo de muestra
- Equipos y materiales
- Rotulado y etiquetado de las muestras
- Posibles errores e interferencias
- Conservación y Almacenamiento

2.4 Análisis de parámetros

2.4.1 Análisis de parámetros *in situ*

Para poder iniciar con los análisis *in situ*, en primer instancia se siguió los procedimientos de solicitud de equipos en la ESFOT, con anticipación y en las fechas establecidas. Luego, se coordinó la fecha del muestreo, el cual contó con la presencia del encargado de los equipos y sustancias de laboratorio. Los instrumentos que se utilizaron fueron los siguientes:

- Balde de 4 litros
- Soga de 10 metros
- Frascos estériles
- 4 botellas de vidrio
- Guantes
- Conservante de ácido sulfúrico
- Turbidímetro

- Equipo multiparámetro

Se inició el muestreo verificando el acceso nuevamente para la toma de muestra, tanto para el punto P1 como para el punto P2.

Como muestra la figura 4, con la ayuda de otra persona y mediante la soga se amarró un balde de 4L y se introdujo a un lado de la estructura de captación por donde pasa el agua, en sentido opuesto al flujo del cuerpo hídrico para obtener una muestra representativa.

Se prendió el GPS y se procedió a registrar la localización del punto de muestreo y como respaldo, se caracterizó el sitio con fotografías.



Figura 4 Toma de muestras

Los parámetros que se determinaron en los dos puntos P1 y P2 con el multiparámetro HACH, calibrado previamente, fueron:

- Temperatura
- pH
- Oxígeno disuelto
- Conductividad
- Salinidad
- Sólidos disueltos

En primera instancia se enjuagó la sonda con agua destilada para evitar cualquier tipo de error, se secó con una toalla absorbente y se insertó en el balde con la muestra que se recogió, como se visualiza en la figura 5. Se esperó que el multiparámetro se estabilice para poder leer correctamente el resultado y a continuación se registraron los valores en la ficha de muestreo.

Posterior a la determinación de parámetros, se enjuagó con abundante agua destilada el equipo multiparámetro para prevenir el daño del dispositivo por residuos de la muestra.



Figura 5 Análisis con el multiparámetro (Punto P1 y P2)

La turbidez se determinó con el turbidímetro (figura 6), para lo cual se limpiaron las 2 celdas y con una de ellas se enceró el equipo. Se colocó la muestra de agua en otra celda para la respectiva medición y se procedió a leer y registrar los valores. Se limpió las celdas con agua destilada, se secó y guardó el equipo cuidadosamente.



Figura 6 Determinación de turbidez (Punto P1 y P2)

Luego, para los análisis de parámetros en el laboratorio se procedió a llenar las 4 botellas de vidrio y los frascos estériles. Dos de las botellas que se llenó con la muestra se añadió gotas del conservante Ácido sulfúrico para el análisis de la DQO la cual se ve en la figura 7.

Para que no existan confusiones, se etiquetaron las botellas con los nombres de los puntos y nombre del análisis por efectuar.



Figura 7 Preservación y almacenamiento de Muestras

Finalmente, los frascos y botellas de muestras fueron guardados en un cooler acondicionado a una temperatura aproximada de 20 °C para su transporte a la Universidad y se desalojó el lugar sin ningún tipo de novedad con respecto a la integridad de los participantes del muestreo.

2.4.2 Análisis de laboratorio

Los análisis de tensoactivos, coliformes totales y coliformes fecales de las muestras del punto P1 y punto P2 se llevaron a cabo en el Laboratorio del Centro de Investigación y Control Ambiental (CICAM) de la Escuela Politécnica Nacional ubicado en la Ladrón de Guevara E11-253, Quito-Ecuador. El CICAM se encuentra acreditado por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano en cumplimiento con los requisitos establecidos en la Norma NTE INEN-ISO/IEC 17025:2006 “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración”, el cual se encuentra acreditado por SAE (CICAM, 2021).

El método interno para la determinación de coliformes totales y coliformes fecales se realizó mediante la fermentación de tubos múltiples, mientras que para el análisis de Tensoactivos se utilizó el método de Espectrofotometría VIS/ Anionic Surfactants as MBAS (Anexo 3).

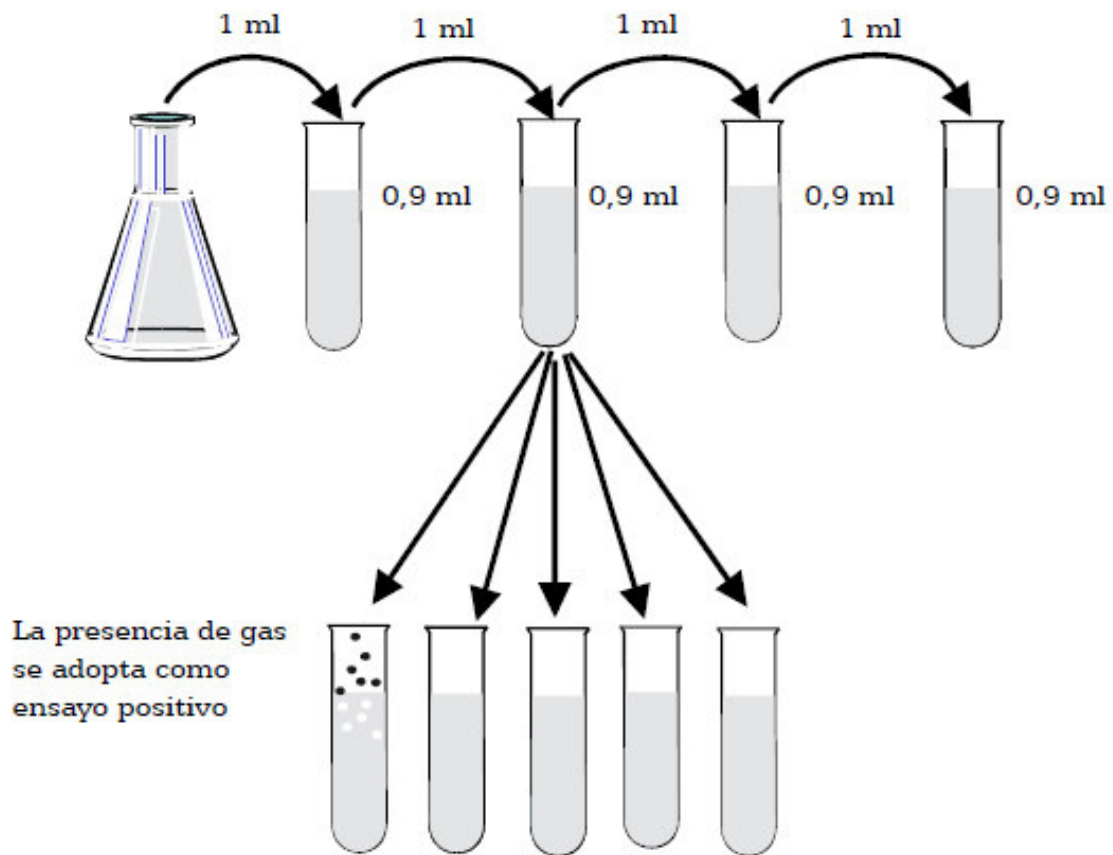


Figura 8 Ensayo de tubos múltiples (Ramírez, 2011)

Para el análisis de sólidos totales y sólidos suspendidos de las muestras del punto P1 y punto P2 se acudió a un laboratorio acreditado dentro de la ciudad de Quito, el cual mantiene una acreditación con el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE) bajo la Norma “NTE-INEN ISO 17025: Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración” desde el año 2006.

Para mejor entendimiento del método que se utilizó para la determinación de sólidos y las diferentes formas que se encontraron presentes en el agua, esto se ilustra en la figura 9.

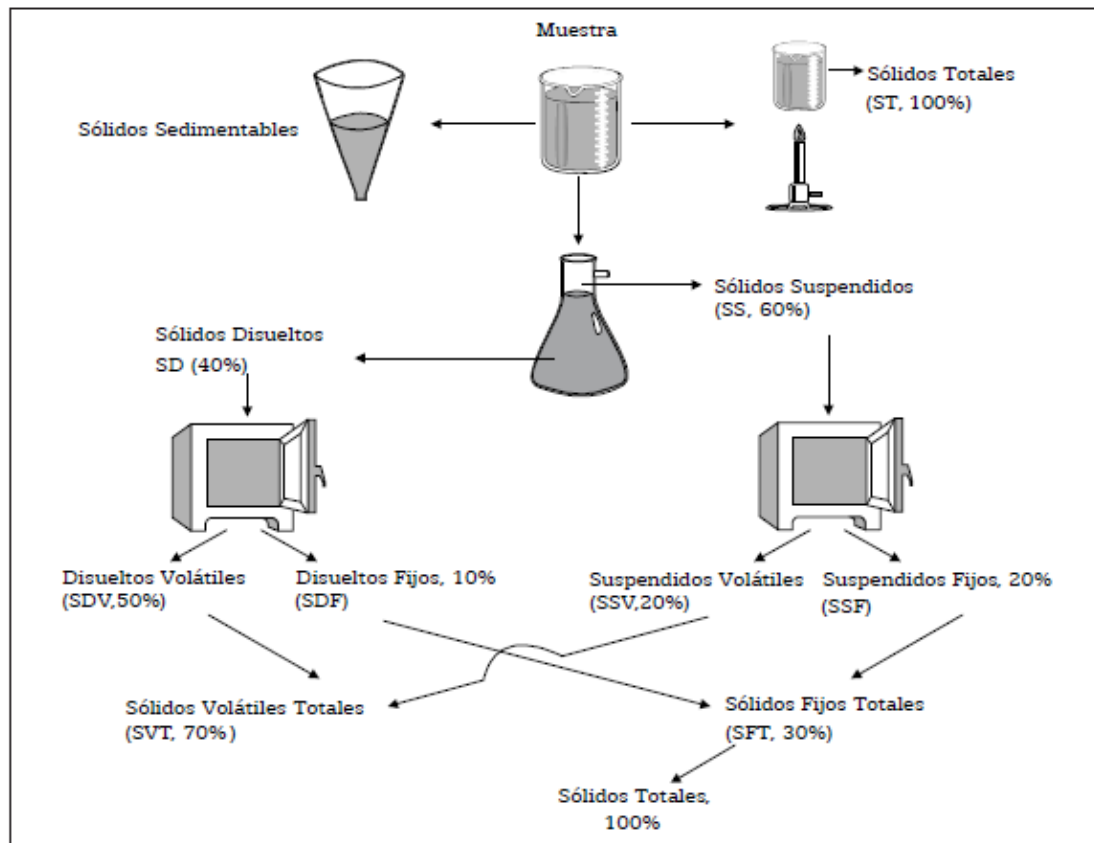


Figura 9 Sólidos (Ramírez, 2011)

Los parámetros que se describen a continuación, se desarrollaron en los laboratorios LDIA y Tecnología Industrial - Área Agua y Saneamiento Ambiental (ESFOT) de la Escuela Politécnica Nacional.

- **Demanda Química de oxígeno (DQO)**

En el análisis del parámetro de la DQO para los puntos P1 y P2 se diluyó la muestra en una relación de 1:10, se utilizaron viales de rango alto por el hecho que la muestra obtenida correspondía a agua residual. En la elaboración del blanco, en un vial de digestión de DQO fueron colocados 2 mL de agua destilada, posteriormente en otro vial se agregaron una cantidad de 2 mL de la muestra de agua. Se cerró los viales y agitó para permitir la evacuación los vapores provocados por el ácido.

Después, los viales con las muestras y el blanco fueron colocados por un tiempo de 45 minutos en un biodigestor que fue precalentado a una temperatura de 150 °C. Finalmente, se colocaron los viales dentro del digestor durante 2 horas y para la determinación y registro de valores, se utilizó el equipo espectrómetro (figura 10).



Figura 10 Determinación de DQO(Laboratorio ESFOT)

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5)**

Para determinar la DBO_5 se utilizó el método de OxyTop. Primero se determinó la DBO_5 esperada con la ecuación 2.4.2 y con el valor obtenido de la DQO de la muestra de agua, luego se midió la cantidad correspondiente para el rango de medida calculado, empleando los matraces volumétricos aforados. Después, se llenaron las botellas con cada uno de los valores obtenidos y se insertó una barra de agitación magnética. Se colocó el receptáculo de caucho en el cuello de la botella y se adicionó dos pastillas de NaOH, después se cerró con la cabeza del OxyTop cuidadosamente.

Finalmente, se encendió el equipo oprimiendo los botones S y M simultáneamente, se colocaron las botellas en la bandeja de agitación y se incubaron a 20 °C por un periodo de 5 días.

Para visualizar los valores, como muestra la figura 11, se oprimió el botón S para cada día y se registró los resultados.

Para el cálculo de la DBO_5 se aplicó la ecuación 2.4.3.

- Determinación de la DBO esperada:

$$\text{DBO esperada} = \text{Valor registrado} \times \text{factor (mg/L)}$$

Ecuación 2.4.2 DBO esperada

Donde:

Valor : Valor obtenido de la DQO en (mg/L)
registrado

Factor : 0,80 (mg/L)

- Cálculo de la DBO₅

$$\text{DBO}_5 = \frac{\text{DBO}_{\text{final}} - \text{DBO}_{\text{inicial}}}{\text{Promedio}}$$

Ecuación 2.4.3 Cálculo de la DBO₅

Donde:

DBO : DBO al quinto día
final

DBO : DBO al primer día
Inicial



Figura 11 Determinación de DBO₅ (Laboratorio LDIA)

- **Parámetros a través de un espectrofotómetro Hach**

A través de un espectrofotómetro HACH se realizaron los análisis de los elementos descritos en la tabla 3, para todos los casos se utilizaron 2 celdas de 10 mL, 1 celda para añadir el blanco (muestra de agua) y ajustar en cero; y la otra celda se agregó la muestra de agua con el reactivo correspondiente para cada parámetro.

Se dejó reposar el tiempo según el reactivo para que se diluya completamente, finalmente se inició la medición y se registró el valor obtenido. Debido a que el rango de la muestra sobrepasó los límites de detección, antes de los análisis se diluyó la muestra.

Tabla 3 Reactivos y tiempo de espera de parámetros

Parámetro	Reactivo	Tiempo de reacción (minutos)
Fosfatos	PhosVer 3®	2
Nitritos	NitriVer 3®	20
Nitratos	NitraVer®	5
Hierro	FerroVer®	3
Sulfatos	SulfaVer 4®	5
Cobre	Cuver 1®	2
Cromo	ChromaVer 3®	5
Manganeso	Manganeso citratebuffer y Peryodato de sodio.	3

En el caso del Aluminio el contenido para las celdas se preparó en una probeta de 50 mL (figura 12) más polvo de ácido Ascórbico y Aluver 3®, que fue el blanco; para la celda 2 se colocó 10 mL de la muestra preparada más Bleaching 3 Reagent Powder Pillow y se esperó 15 minutos. Transcurrido el tiempo determinado se realizó el análisis.



Figura 12 Determinación de Mn y Al (Laboratorio ESFOT y LDIA)

2.5 Cálculo del Índice de Calidad

Los resultados de los análisis que se realizaron *in situ* y en los laboratorios se utilizaron para el cálculo del índice de calidad, en el cual se asignaron los parámetros y la fórmula respectiva para determinar el índice de calidad de cada uno.

- pH

$$I(\text{pH}) = 10^{4,22-0,293 \text{ pH}}$$

Ecuación 2.5 Índice de calidad de pH (Gómez & Vicente, 2009)

Dónde:

pH : potencial de hidrógeno

I(pH) : índice de calidad de pH

- Turbidez

$$I(\text{T}) = 108 (\text{T})^{-0,178}$$

Ecuación 2.6 Índice de calidad de turbidez (Gómez & Vicente, 2009).

Dónde:

T : Turbidez

I(T) : índice de calidad de turbidez

- Sólidos suspendidos

$$I(SS) = 266,5(SS)^{-0,37}$$

Ecuación 2.7 Índice de calidad de sólidos suspendidos (Gómez & Vicente, 2009).

Dónde:

SS : sólidos suspendidos

I(SS) : índice de calidad de sólidos suspendidos

- Sólidos disuelto

$$I(SD) = 109,1 - 0,0175 (SD)$$

Ecuación 2.8 Índice de calidad de sólidos disueltos (Gómez & Vicente, 2009).

Dónde:

SD : sólidos disueltos

I(SD) : índice de calidad de sólidos disuelto

- Conductividad eléctrica

$$I(CE) = 540 (CE)^{-0,379}$$

Ecuación 2.9 Índice de calidad de conductividad eléctrica (Gómez & Vicente, 2009).

Dónde:

CE : Conductividad eléctrica

I(CE) : índice de calidad de conductividad eléctrica

- Nitratos

$$I(N - NO3) = 162,2 (N - NO3)^{-0,343}$$

Ecuación 2.10 Índice de calidad de Nitratos (Gómez & Vicente, 2009).

Dónde:

N-NO3 : Nitratos

I(CE) : índice de calidad de Nitratos

- Fosfatos

$$I(\text{PO}_4) = 34,215 (\text{PO}_4)^{-0,46}$$

Ecuación 2.11 Índice de calidad de fosfatos (Gómez & Vicente, 2009).

Dónde:

PO₄ : Fosfatos

I(PO₄) : índice de calidad de fosfatos

- Oxígeno Disuelto

$$I(\text{OD}) = \frac{\text{OD}}{\text{OD}(\text{SAT})} * 100$$

Ecuación 2.12 Índice de calidad de Oxígeno disuelto (Gómez & Vicente, 2009).

Dónde:

OD : Oxígeno disuelto

OD(SAT) : Oxígeno disuelto de saturación

I(OD) : índice de calidad de Oxígeno disuelto

- Demanda bioquímica de Oxígeno

$$I(\text{DBO}) = 120 (\text{DBO})^{-0,673}$$

Ecuación 2.13 Índice de calidad de la DBO₅ (Gómez & Vicente, 2009).

Dónde:

DBO₅ : Demanda bioquímica de oxígeno

I(DBO₅) : índice de calidad de la DBO

- Coliformes Totales

$$I(\text{CT}) = 97,5 (\text{CT})^{-0,673}$$

Ecuación 2.14 Índice de calidad de coliformes totales (Gómez & Vicente, 2009).

Dónde:

CT : Coliformes Totales

I(CT) : índice de calidad de la Coliformes totales

- Coliformes Fecales

$$I(CF) = 97,5 (5CF)^{-0,27}$$

Ecuación 2.15 Índice de calidad de coliformes fecales (Gómez & Vicente, 2009).

Dónde:

CF : Coliformes Fecales

I(CF) : índice de calidad de la Coliformes Fecales

- Tensoactivos

$$I(SAAM) = 100 - 16,678(SAAM) + 0,1587(SAAM)^2$$

Ecuación 2.16 Índice de calidad de tensoactivos (Gómez & Vicente, 2009).

Dónde:

SAAM : Sustancias activas al azul de metileno (Tensoactivos)

I(SAAM) : índice de calidad de Tensoactivos

Después de determinar el índice de calidad para los parámetros asignados se procedió a calcular el índice de calidad global mediante la siguiente fórmula.

$$ICA = \frac{\sum_{i=1}^n I_i W_i}{\sum_{i=1}^n W_i}$$

Ecuación 2.17 Índice de calidad global (Gómez & Vicente, 2009).

Dónde:

ICA : Índice de la calidad del agua

I_i : Índice de calidad para el parámetro

W_i : Coeficiente de ponderación del parámetro

N : Número de parámetros

Los coeficientes de ponderación para cada parámetro fueron los descritos en la tabla 4 a continuación:

Tabla 4 Coeficientes de ponderación (Gómez & Vicente, 2009)

Parámetro	Coficiente de ponderación
pH	1.0
Turbidez	0.5
Sólidos suspendidos	1.0
Sólidos disueltos	0.5
Conductividad eléctrica	2.0
Nitratos	2.0
Fosfatos	2.0
Oxígeno Disuelto	5.0
Demanda bioquímica de oxígeno	5.0
Coliformes totales	3.0
Coliformes fecales	4.0
Tensoactivos	3.0

Finalmente, con el resultado ICA global se pudo determinar el grado de la calidad del agua mediante la comparación en la tabla 5.

Tabla 5 Grado de calidad de agua

Criterio de calidad	Rango	Color
Excelente	91-100	Azul
Buena	71-90	Verde
Mediana	51-70	Amarillo
Mala	26-50	Naranja
Muy mala	0-25	Gris

2.6 Tabla de comparación

Se realizaron dos tablas de comparación, las cuales se basó en referencias bibliográficas. Las tablas fueron:

- Tabla de agentes contaminantes encontrados en relación con la sustancia y/o microorganismos que puede producir la contaminación.
- Tabla sustancia y/o microorganismos con relación a las posibles enfermedades o afecciones que puede producir a las personas que se encuentren en contacto con este cauce.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Resultados

- **Puntos de muestreo**

En el punto P1 se localiza los extremos del barrio Puertas del sol, se identificó un tubo de conducción de aguas residuales de la empresa Yambal que está conectado en el interior de la estructura de captación del cauce y no como descarga directa en la quebrada carretas.

Visualmente, la acumulación de basura en el sitio (figura 13), muestra la cantidad de desechos sólidos que son arrojados y transportados por el cauce de la quebrada. Existen bosques y vegetación autóctona.



Figura 13 Entrada (P1)

En el punto P2 se localiza la entrada de Carapungo, los extremos de Carcelén y el Centro Comercial Portal Shopping. Para la salida del Cauce de la Quebrada Carretas también se identificó una estructura de captación del agua.

La acumulación de basura fue menor en comparación del punto 1 y también existen bosques y vegetación autóctona. El acceso a este punto fue un poco más limitado, como se observa en la figura 14.



Figura 14 Salida (P2)

- **Parámetros in situ**

Los resultados de los parámetros que se efectuaron *in situ* están organizados en la tabla 6, la cual relaciona el valor obtenido de los parámetros de turbidez, temperatura, pH, OD, oxígeno de saturación, conductividad, salinidad y sólidos disueltos con la unidad respectiva para los puntos P1 y P2.

Tabla 6 Resultados de parámetros In situ

	Parámetro	Punto P1	Punto P2
<i>In situ</i>	Turbidez	76,3 NTU	217 NTU
	Temperatura	16,68 °C	19,65 °C
	pH	8,97	7,91
	Oxígeno disuelto (OD)	0,81 mg/L	3,14 mg/L
	Oxígeno de saturación	7,34 mg/L	6,70 mg/L
	% de Saturación del oxígeno calculado	5,87 mg/L	5,36 mg/L
	Conductividad	0,442 mS/cm	0,613 mS/cm
	Salinidad	0,021 %	0,03 %
	Sólidos disueltos (SDT)	287 mg/L	392 mg/L

Entre los valores *in situ* que más llamaron la atención es el aumento en la turbidez y de SDT del punto P1 al punto P2, al estar presente disminuye la producción de oxígeno, restringiendo la utilidad del agua; y los sólidos disueltos indican partícula en suspensión de carácter orgánico e inorgánico, lo cual fue claro el día del muestreo y como muestra la figura 13 y 14 el deterioro físico del cuerpo hídrico es lamentable.

La concentración del oxígeno disuelto denotó claramente la contaminación del cauce, por lo que, la reproducción de una población normal de peces y organismos acuáticos no tendrían lugar.

La temperatura y el pH se encontraron en condiciones normales. Sin embargo, por un valor de 0,03 en el punto P1, el pH tiende a ser básico.

- **Parámetros de Laboratorio**

Los resultados de los parámetros que se efectuaron en el laboratorio están organizados en la tabla 7.

Tabla 7 Resultados de parámetros de laboratorio

Laboratorio	Parámetro	Punto P1	Punto P2	Unidad
	DQO	221	554	mg/L
	DBO ₅	0,86	0,45	mg/L
	SST	48	84	mg/L
	ST	66	100	mg/L
	Coliformes totales	7,5x10 ⁷	1,1x10 ⁷	NMP/100 mL
	Coliformes fecales	1,5x10 ⁷	4,4x10 ⁶	NMP/100 mL
	Tensoactivos	34,4	32,7	mg/L
	Fosfatos	6,6	22	mg/L
	Nitritos	7	50	mg/L
	Nitratos	2,4	36	mg/L
	Hierro	3,8	0,8	mg/L
	Sulfatos	32	110	mg/L
	Cobre	0,15	0,1	mg/L
	Cromo	0,63	1,07	mg/L
Manganeso	0,26	0,24	mg/L	
Aluminio	1,33	0,39	mg/L	

Los valores de laboratorio de la prueba de la DQO permitieron medir la carga de contaminación por parte de los desechos domésticos e industriales, estos resultados fueron, como se esperaba mayores que la DBO, por lo tanto, esta diferencia indicó que la presencia de sustancias tóxicas no permite una degradación biológica adecuada.

En cuanto a los resultados de coliformes totales y fecales, se esperaba que las cantidades sean proporcionales para cada punto. Pero, el punto P1 en coliformes totales fue de $7,5 \times 10^7$ NMP/100 mL y para coliformes fecales de $1,5 \times 10^7$ NMP/100 mL, para el punto P2 en coliformes totales fue de $1,1 \times 10^7$ NMP/100 mL y coliformes fecales de $4,4 \times 10^6$ NMP/100 mL.

La presencia de coliformes totales indica que el cuerpo está contaminado con material orgánico de origen fecal lo cual es claro para los dos puntos, a su vez la prueba confirmativa de coliformes fecales muestra que a pesar que la presencia de material fecal es mayor en el punto P1 que en el punto P2, el riesgo de contaminación con bacterias o virus de carácter patógeno se encuentra en el punto P2.

Los valores de 34,4 y 32,7 mg/L de los tensoactivos en los puntos P1 y P2 respectivamente, dan lugar a la reducción de la tensión superficial del agua, el cual imposibilita la interacción con el medio del oxígeno gaseoso. Motivo por el cual la concentración de fosfatos en el punto P2 igual a 22 mg/L casi triplica el valor del punto P1 igual a 6.6 mg/L.

Los resultados de nitritos en el punto P1 y P2 igual a 7 y 50 mg/L son mayores a los valores de nitratos iguales a 2,6 y 36 para el punto P1 y P2 respectivamente. Debido a que los nitritos suelen ser relativamente inestables y fácil de oxidarse a nitratos, lo cual no fue el caso de esta muestra de agua, por lo tanto, la descomposición de las sustancias orgánicas nitrogenadas, como son las de proteínas, no se produce en este cuerpo hídrico.

3.1.1 Comparación de parámetros con la normativa

A continuación, se realizó una evaluación comparativa de los resultados de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las muestras de los puntos P1 y P2 del cauce de la quebrada Carretas con la normativa: Acuerdo Ministerial 097-A, Anexos de Normativa, reforma libro VI del texto unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, la cual se encuentra en la tabla 8.

Las tablas con las que se compararon los resultados de los análisis de agua son: tabla 2: criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios (ver anexo 5.1), y tabla 9, Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce, las cuales se visualizan de manera más adecuada en el anexo(5.2).

Tabla 8 Comparación parámetros con el Acuerdo Ministerial 097-A, Tabla 2 y 9 (anexo 5)

Parámetros	Unidad	P1	P2	Criterio de calidad Tabla 2 (anexo 5.1)	Cumple o no cumple	Límite permisible Tabla 9 (anexo 5.2)	Cumple o no cumple
Aluminio	mg/L	1,33	0,39	0,1	No cumple	5	Cumple
Cobre	mg/L	0,15	0,1	0,005	No cumple	1	P1 si cumple, P2 si cumple
Cromo	mg/L	0,63	1,07	0,032	No cumple	-	-
Hierro	mg/L	3,8	0,8	0,3	No cumple	10	Cumple
Manganeso	mg/L	0,26	0,24	0,1	No cumple	2	Cumple
Sulfatos	mg/L	32	110	-	-	1000	Cumple
Fosfatos	mg/L	6,6	22	-	-	10	P1 cumple, P2 no cumple
OD	mg/L	0,81	3,14	-	-	-	-
Oxígeno de Saturación	mg/L	7,34	6,70	>80	No cumple	-	-
pH	-	8,97	7,91	6,5-9	Si cumple	6-9	Cumple

Tensoactivos	mg/L	34,4	32,7	0,5	No cumple	0,5	No cumple
Nitritos	mg/L	7	50	0,2	No cumple	-	-
Nitratos	mg/L	2,4	36	13	No cumple	-	-
DQO	mg/L	221	554	40	No cumple	200	No cumple
DBO5	mg/L	0,86	0,45	20	Si Cumple	100	Cumple
SST	mg/L	48	84	-	-	130	Cumple
ST	mg/L	66	100	-	-	1600	Cumple
SDT	mg/L	287	392	-	-	-	-
Turbidez	NTU	76,3	217	-	-	-	-
Conductividad	Ms/cm	0,442	0,613	-	-	-	-
Temperatura	°C	16,68	19,65	-	-	Condición natural +-3	Cumple
Coliformes Fecales	NMP	$1,5 \times 10^7$	$4,4 \times 10^6$	-	-	2000	No cumple

I. Comparación con la tabla 2: criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios

La quebrada carretas de Carapungo formar parte del sistema macro drenaje de aguas pluviales, las aguas lluvias poseen bajos índices de contaminación, que gracias a sus condiciones físicas, químicas y microbiológicas pueden permitir la vida acuática, que dependerá de los componentes presentes en el aire, actividades antrópicas y condiciones naturales, motivo por el cual se compara con la tabla 2: Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios. En base a este enunciado, es posible concluir que los parámetros aluminio, cobre, cromo, hierro, manganeso, sulfatos, oxígeno de saturación, tensoactivos, nitritos, nitratos y DQO que se encuentran definidos en la tabla 2, sobrepasan los límites permisivos.

Los valores de la DBO_5 y pH están en el rango permisible, sin embargo, los pHs en los puntos P1 y P2 tienden a ser básicos, como es el caso del punto P1, que por 0,03 sobrepasa el límite. El 80% del oxígeno de saturación no debe sobrepasar el oxígeno disuelto determinado en el multiparámetro, los resultados del punto P1 y P2 son 5,87 y 5,36 mg/L respectivamente. Por lo tanto, también están fuera del límite permisible.

Los parámetros de sulfatos, fosfatos, oxígeno disuelto, sólidos suspendidos totales, sólidos totales, sólidos disueltos totales, turbidez, conductividad, temperatura, coliformes totales y coliformes fecales, no son aspectos que constan en la tabla 2 por lo que se es afirmativo que estos parámetros no deben estar presentes en el cuerpo de agua de la quebrada carretas.

Con estos antecedentes se concluye que en el cuerpo hídrico de la quebrada Carretas de Carapungo no existe vida acuática o silvestre.

II. Comparación con la tabla 9: límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Como se explicó en la metodología, la muestra que se tomó fue del cauce de la quebrada, sin embargo, entre los puntos P1 y P2 existen sistemas de captación de agua residual, como es uno de los caso de la tubería que se observó en la figura 13, por lo cual, es afirmativo concluir que la muestra forma parte de las descargas de aguas residuales, motivo por el cual se comparó con la tabla 9.

Los valores de los parámetros de aluminio, cobre, hierro, manganeso, sulfatos, fosfatos en el punto P1, pH, DBO₅, sólidos suspendidos totales, sólidos totales y temperatura del agua residual que se descarga a la quebrada Carretas, se encuentran dentro de los límites permisibles de la tabla 9. Los parámetros de fosfatos en el punto P2, tensoactivos, DQO y Coliformes fecales de la muestra de agua están fuera de los límites de descarga de aguas residuales. En alguna parte, las descargas solo hacia el punto P2 contienen mayor cantidad de fosfatos, lo cual es afirmativo, ya que la mayoría de tensoactivos contienen fósforo. De igual manera es el caso del valor de la DQO de los puntos P1 y P2 iguales a 221 y 554 mg/L respectivamente, que sobrepasan el límite de 200 mg/L. Se podría asegurar que debido a que el Centro Comercial Portal Shopping se encuentra a un lado del punto P2 y debido al aumento en cuanto a la limpieza a causa de la propagación del virus COVID-19, el uso de tensoactivos y químicos es elevado, por consiguiente también las aguas residuales.

Entre los metales analizados únicamente el cobre en el punto P1 no cumple con los límites permisibles, mientras que los parámetros cromo, nitritos y nitratos no reflejan valores de comparación de límites de descargas. Razón por la cual en el apartado 3.1.3 se detallan de mejor manera las afecciones de las sustancias presentes en el cuerpo hídrico hacia el ambiente y las personas. Tomando en cuenta los valores de tensoactivos, DQO y coliformes fecales que más afecta al recurso hídrico, se concluye que las descargas de aguas residuales están fuera de los límites permisibles.

3.1.2 Grado de contaminación y calidad

Para determinar el grado de contaminación y calidad del cauce de la quebrada Carretas de Carapungo, como se explica en el capítulo 2, el uso de los índices de calidad permite encontrar un valor cuantitativo para poder interpretar en qué condiciones está la muestra de agua.

Por consiguiente, en la tabla 9 se detalla el resultado del cálculo para cada índice de calidad por parámetro de los puntos P1 y P2.

Después, se observa el resultado final del índice de calidad global para los puntos P1 y P2.

En la tabla 9 los valores positivos al 100% son de sólidos disueltos, conductividad, nitratos y DBO₅, esto se debe a que según Gómez y Vicente (2009) estos parámetros tienen las siguientes características:

- En sólidos disueltos, para concentraciones menores a 520 mg/L se asigna un valor de ICA de 100.
- En la conductividad eléctrica, para concentraciones menores a 85,60 Ms/ cm, se debe asignar un ICA de 100.
- En nitratos, para concentraciones menores a 4,097 mg/L, se asigna un valor de ICA de 100.
- En la DBO, para concentraciones menores o iguales a 1,311 mg/L, se asigna un valor de ICA de 100.

Y como se ve en la tabla 9 los valores de estos parámetros se encuentran por debajo de los valores de las condiciones.

Tabla 9 Resultados del índice de calidad de agua por cada parámetro

Índice de calidad del agua por parámetro	Punto P1	Punto P2
I(pH)	39,06	79,86
I(T)	49,93	41,45
I(SS)	63,63	51,73
I(SD)	100	100
I(CE)	100	100
I(N-NO ₃)	100	47,45
I(PO ₄)	14,36	8,25
I(OD)	11,04	46,86
I(DBO ₅)	100	100
I(CT)	4,88 x10 ⁻⁴	1,224
I(CF)	0,73	1,01
I(SAAM)	0	0

Los valores del ICA más bajo por parámetro se les atribuyen a los fosfatos, oxígeno disuelto, coliformes totales y coliformes fecales. Para los tensoactivos, Según Gómez y Vicente (2009), se asigna un valor de ICA de 0 cuando se tengan concentraciones mayores de 6,384 mg/L, el cual coincidió con este parámetro.

Finalmente, en base al cálculo de la ecuación 2.17 los resultados del índice de calidad global para el punto P1 y P2 son:

$$\text{ICA (P1)} = 40,16$$

$$\text{ICA (P2)} = 43,30$$

Dónde:

ICA: Índice de calidad global del agua

P1: Punto 1

P2: Punto 2

Los resultados del ICA global del punto P1 y P2 son muy cercanos, sin embargo, refleja que efectivamente hay un aumento de contaminación de algún tipo hacia el punto P2. Mediante la comparación en la tabla 4 se determina que el grado de contaminación en el punto P1 y P2 se encuentra en el rango de valores de 26 a 50, el cual corresponde a una calidad de agua mala, como se esperaba al inicio de la investigación.

Por lo tanto, el cauce de la quebrada Carretas de Carapungo tiene un grado de contaminación alto, por ente la calidad del agua es mala.

3.1.3 Afecciones a la salud y contaminación

La tabla 10 muestra una evaluación comparativa de los parámetros que no cumplen con el Acuerdo Ministerial 097-A, con relación a la sustancia y/o microorganismos que puede producir la contaminación.

Tabla 10 Agentes contaminantes encontrados en relación con la sustancia y/o microorganismos que producirían la contaminación

Parámetros	Cumple/ No cumple (tabla 2 (anexo 5.1))	Cumple/ No cumple (tabla 9 (anexo 5.2))	Sustancia y/o microorganismo productor del problema
Aluminio	No cumple	Cumple	Lixiviado y erosión de suelo y roca, minería, tratamiento de superficies, vertidos industriales, aguas residuales urbanas
Cobre	No cumple	P1 no cumple / P2 cumple	
Cromo	No cumple	-	
Hierro	No cumple	Cumple	
Manganeso	No cumple	Cumple	
Tensoactivos	No cumple	No cumple	Se producen en la elaboración de detergentes de uso doméstico e industrial
Fosfatos	-	P1 cumple/ P2 no cumple	Presente en los fertilizantes y detergentes, llegan al agua con el escurrimiento agrícola, los desechos industriales y las descargas de aguas negras
Nitritos	No cumple	-	Se encuentra en las descargas de aguas residuales domesticas
Nitratos	No cumple	-	
DQO	No cumple	No cumple	Aguas residuales domesticas e industriales, pesticidas, colorantes, hidrocarburos, compuestos fenólicos etc.
Oxígeno de Saturación	No cumple	-	Depende de la presión parcial de oxígeno en la fase gaseosa, de la temperatura del agua y de la concentración de sales en el agua
Coliformes Fecales	-	No cumple	Contaminación fecal en el control de calidad del agua destinada al consumo humano

Entre las circunstancias más llamativas causantes de la contaminación del cauce de la quebrada Carretera es la que origina los metales pesados, como se muestra en la tabla 10 los metales pesados se producen principalmente a manera natural por erosión, lixiviado de rocas y suelo o por los vertidos industriales. En el contexto de la quebrada Carretas, es posible afirmar que ambas circunstancias se producen en este lugar, industrias implementan conexiones ilícitas cavando y alojando tuberías en los taludes de la quebrada, provocando que estas se desfragmenten por la erosión.

Por otra parte, el origen de la presencia de coliformes como se muestra en la tabla 10 se da por la contaminación fecal humana. A esto en las circunstancias de la quebrada

Carreteras solo puede confirmar la posible existencia de derivaciones del sistema de alcantarillado a la quebrada.

La tabla 10 muestra que los tensoactivos son producto de los vertidos de la actividad industrial específicamente hablando de industrias como: farmacéutica, cosmética, textil, pinturas y lubricantes entre otras.

La contaminación por fosfatos, se debe a fertilizantes y actividades agrícolas o a vertidos industriales, considerando que, a 1 km a la redonda de los puntos a muestrear, no hay presencia de personas que realicen actividades agrícolas, lo que da a denotar que la presencia de fosfatos en el cauce se le debería atribuir al sector industrial de la zona.

El resultado de la DQO muestra la contaminación orgánica que está en el cauce y como se aprecia en la tabla 10, el valor elevado de este parámetro se le atribuiría a las aguas residuales domesticas e industriales, pesticidas, colorantes, hidrocarburos, compuestos fenólicos etc. Otros aspectos a notar que podrían contribuir a la presencia de DQO elevado son las concentraciones altas de sustancias no biodegradables, dado que por este método de DQO, a diferencia de la DBO también considera la oxidación de elementos no biodegradables.

La contaminación de la corriente hídrica de este cauce en base a lo analizado en la tabla 10, denota que los orígenes de contaminación son por los vertidos de las actividades industriales y las descargas de aguas residuales domésticas.

La tabla 11 muestra la relación de la sustancia y/o microorganismos con las posibles enfermedades o afecciones a la salud y medio ambiente.

Tabla 11 Sustancia y/o microorganismos con relación a las posibles enfermedades o afecciones de contacto al cauce

Parámetros	Cumple/ No cumple (tabla 2 (anexo 5.1))	Cumple/ No cumple (tabla 9 (anexo 5.2))	Afección al medio ambiente	Afección a la salud y/o las personas
Aluminio	No cumple	Cumple	Niveles altos de toxicidad	Carcinógenos en el agua, niveles altos de toxicidad, ecosistema alterado; mortalidad, reproducción impedida
Cobre	No cumple	P1 no cumple / P2 cumple		
Cromo	No cumple	-		
Hierro	No cumple	Cumple		
Manganeso	No cumple	Cumple		
Tensoactivos	No cumple	No cumple	Reducen la superficie del líquido en el que están disueltos, producción de espumas, toxicidad para microorganismos	Tóxico y cancerígeno para la salud
Fosfatos	-	P1 cumple/ P2 no cumple	Crecimiento excesivo de plantas (eutrofización)	Afecta al sabor y olor, produce, algas azules y verdes, problemas estéticos por algas en exceso, disturbios en el ecosistema, hiperfosfatemia
Nitritos	No cumple	-		
Nitratos	No cumple	-		
DQO	No cumple	No cumple	Presencia de compuestos orgánicos y sales minerales oxidables	Muerte de peces, olores molestos, organismos desagradables.
Oxígeno de Saturación	No cumple	-	Oxígeno disuelto (OD) bajo	Muerte de peces, olores molestos, H ₂ S, organismos desagradables, cambio radical en el ecosistema
Coliformes Fecales	-	No cumple	Niveles altos de bacterias	Transmisión de enfermedades, trastornos gastrointestinales, irritación de ojos

Entre las afecciones más llamativas que produce la contaminación de la quebrada Carretas, es posible resaltar la afección a la salud que producen los metales pesados y los tensoactivos que puede inducir a enfermedades graves como el cáncer he inclusive la muerte.

El aluminio al ingresar al cuerpo humano generalmente no produce daños, pero si se ingiere en grandes cantidades podría ocasionar enfermedades a los huesos y al cerebro. La ingesta de cobre en concentraciones altas produce enfermedades al hígado, riñones, como así también produce diarrea, náusea, dolores estomacales, entre otros.

El cromo en agua se presenta de dos formas Cr^{+6} y Cr^{+3} , este último no representa afecciones a la salud, al contrario, tiene propiedades nutritivas esenciales para los seres humanos. El problema radica con presencia del Cr^{+6} que puede inducir daños a la nariz y diferentes tipos de cáncer en los seres humanos.

El manganeso al estar en concentraciones altas produce enfermedades en los niños como problemas de desarrollo del cerebro, disminución en la capacidad de aprendiza y fallas en la memoria.

Por otra parte, existen otros que tienen afecciones a la salud, pero de índole más baja como es las enfermedades gastrointestinales e irritaciones a los ojos que procede las concentraciones elevadas de coliformes fecales o los organismos indeseables y malos olores que produce un oxígeno de saturación baja.

Hay que tener en consideración que la presencia de coliformes fecales en el agua no implica directamente que se va a producir una enfermedad, más bien indica que existe una contaminación de origen bacteriano.

Pero las afecciones de la contaminación a la quebrada Carretas no únicamente afectan a la salud de las personas, sino también tiene repercusiones al medio ambiente como la alteración en la vida acuática que se produce con la eutrofización, esta no permite el intercambio de oxígeno entre la superficie de agua y el exterior, lo que hace que se reduzca la cantidad del oxígeno disuelto en el agua he impide el desarrollo de la vida acuática.

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Los criterios para la supervivencia de especies acuáticas y silvestres no son cumplidos en la quebrada Carretas. Específicamente en concordancia con los parámetros: aluminio, cobre, cromo, hierro, manganeso, sulfatos, oxígeno de saturación, tensoactivos, nitritos, nitratos y DQO de la tabla 2 del Acuerdo Ministerial 097-A, Anexos de Normativa, Reforma Libro Vi del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, por lo tanto, no existe una cantidad adecuada de vida acuática y silvestre en el recurso hídrico analizado.
- Las descargas de agua residual hacia la quebrada Carretas según la tabla 9, y de acuerdo con los parámetros de fosfatos, tensoactivos, DQO y Coliformes fecales por el Acuerdo Ministerial 097-A, Anexos de Normativa, reforma libro VI del texto unificado de Legislación secundaria del Ministerio del Ambiente sobrepasan los límites permisibles de descarga, lo que implica que los vertidos residenciales e industriales de la localidad no cumple con la normativa.
- El resultado del cálculo del Índice de calidad determina que el grado de contaminación en el punto P1 y P2 se encuentra en el rango de valores de 26 a 50, parte los valores del ICA más bajos por parámetro se les atribuyen a los fosfatos, oxígeno disuelto, coliformes totales y coliformes fecales, lo que da a notar que se está experimentado descargas ilícitas sin previo tratamiento. Por lo tanto, el cauce de la quebrada Carretas de Carapungo tiene un grado de contaminación alto, por ente la calidad del agua es mala.
- La contaminación del cauce de la quebrada Carretas de Carapungo se origina por la presencia de metales pesados, coliformes fecales, coliformes totales y tensoactivos que producen los vertidos industriales y las aguas residuales que son conducidas por medio de estructuras de captación.
- Entre las afecciones más llamativas que produce la contaminación de la quebrada Carretas, es de resaltar la afección a la salud que producen los metales pesados y los tensoactivos que inducen a enfermedades graves como el cáncer, e inclusive aumentan el porcentaje de mortalidad.

4.2 Recomendaciones

- Para que la calidad de la corriente hídrica de la quebrada carreteras mejore, se debería controlar que las descargas de aguas residuales de las industrias cumplan con los parámetros establecidos en el Acuerdo Ministerial 097-A, y que las conexiones ilícitas de los conjuntos residenciales que se encuentran en los alrededores de la quebrada sean eliminados y conectados al sistema de alcantarillado.
- Se recomienda, para estudios futuros relacionados con el cauce de la quebrada Carretas, realizar un levantamiento previo relacionado con las industrias o conexiones domiciliarias que descargan en el cauce, a fin de poder determinar a manera más específica los orígenes o focos de contaminación.
- Para la metodología, ya que existe un sin número de investigaciones y conceptos de los índices de calidad del agua, se debe considerar el mejor método de acuerdo con las necesidades de la muestra, con el fin de emplear y desarrollar un índice de calidad correcto.
- Se recomienda considerar las afecciones a la salud que se experimentan en este momento en los moradores de las cercanías de la quebrada carretas para poder denotar con más especificación el grado de afección a la salud humana que se está produciendo en el lugar dado por la contaminación del cauce de la quebrada carretas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvaro Calo y Francisco Guerrero, E. d. (Septiembre de 2019). *repositorio digital epn*.
Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/20476/1/CD%209962.pdf>
- Ambiente, S. d. (2021). Obtenido de <http://www.quitoambiente.gob.ec/>
- Bolaños, J. D. (Diciembre de 2017). *Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre , en dos cantones de Alajuela (Costa Rica)*. Obtenido de <file:///C:/Users/hp/Downloads/Dialnet-DeterminacionDeNitritosNitratosSulfatosYFosfatosEn-7436266.pdf>
- Bravo, L., Saldaña, P., Izurieta, J., & Mijangos, M. (2013). *La importancia de la contaminación difusa en México y en el mundo*. Obtenido de https://www.cmic.org.mx/comisiones/sectoriales/infraestructurahidraulica/noticias_principales/contaminacion_difusa/contaminacion.pdf
- Bunce, C. &. (2019). *Repositorio digital epn*. Obtenido de "Evaluación de la calidad del agua suministrada del barrio Urauco de la parroquia Lloa": <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/20289/1/CD%209756.pdf>
- Calo, A. (Septiembre de 2019). *Evaluación de la Calidad del Agua del Río Capelo*. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/20476/1/CD%209962.pdf>
- Chisaguano, I. C. (April de 2015). *Repositorio digital EPN*. Obtenido de [file:///C:/Users/hp/Downloads/CD-6199%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/hp/Downloads/CD-6199%20(3).pdf)
- Choto, A. A. (Marzo de 2017). Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/17880/1/CD-8103.pdf>
- CICAM. (2021). Obtenido de <https://cicam.epn.edu.ec/acreditacion-y-certificados>
- Corral, P. P. (Octubre de 2016). *Muestreo y medición in situ de parámetros fisicoquímicos en el río Machangara*. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/16765/1/CD-7361.pdf>

- Fernandez, B. (Septiembre de 2017). Evaluación de la calidad de las aguas para consumo humano en la comunidad. *Redalyc*, 3, 341-352. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/2235/223551846007.pdf>
- Gómez, C., & Vicente, J. (27 de Julio de 2009). *Índice de calidad del agua-ICA*. Obtenido de <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/6147>
- Guerra, S. (2018). Índice de calidad. La Plata. Obtenido de <file:///C:/Users/hp/Downloads/Diapositivas%2014.%20ICA.pdf>
- Hansen, A., Zavala, A., & Bravo, L. (Septiembre de 1995). *Fuentes de contaminación y enriquecimiento de metales en sedimentos de la cuenca Lerma-Chapala*. Obtenido de Ingeniería Hidráulica en Mexico: <http://www.revistatyca.org.mx/ojs/index.php/tyca/article/view/733/721>
- Hernández, G. d. (Octubre de 2016). *Determinación de mesófilos aerobios, Coliformes totales y Ccoliformes fecales en el cultivo de cilantro*. Obtenido de <https://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/65576/Gerardo%20Daniel%20de%20Jes%c3%bas%20Hernandez.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- INEN, N. (2013). *Agua, Calidad del Agua, Muestreo , Técnicas de Muestreo*. Obtenido de <https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-2176-AGUA.-CALIDAD-DEL-AGUA.-MUESTREO.-T%C3%89CNICAS-DE-MUESTREO.pdf?x42051>
- Jiménez, A. (2016). Obtenido de <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-quimica/ingenieria-ambiental/otros-recursos-1/OR-F-001.pdf>
- L, M. (2000). *Problemas del agua potable: El hierro y el manganeso*. Obtenido de <https://texaswater.tamu.edu/resources/factsheets/l5451sironandman.pdf>
- Leon, J. E. (Diciembre de 2016). *Remoción de Hierro y Plomo en aguas Residuales por Bioadsorción de la Cáscara de Naranja Agria*. Obtenido de <http://publicaciones.uni.edu.py/index.php/rseisa/article/view/164/151>
- Mandujano, A., Figueroa, J., & Calvo, H. (Octubre de 2016). *Comparación cuantitativa de matrices de datos*. Obtenido de https://rcs.cic.ipn.mx/2016_120/Comparacion%20cuantitativa%20de%20matrices%20de%20datos.pdf
- Martel, A. B. (2004). *Aspectos fisicoquímicos de la Calidad del Agua*. Obtenido de <http://www.ingenieroambiental.com/4014/uno.pdf>

- Nathalia Samboni, Y. C. (Diciembre de 2017). A review of physical-chemical parameters as water quality and contamination indicators. *Revista Ingeniería e investigación*, 27(3). Obtenido de file:///C:/Users/hp/Desktop/libro%20par%C3%A1metros%20f-q-tesis.pdf
- Ospina, O., & Ramírez, H. (Octubre de 2014). *Evaluación de la calidad del agua de lluvia para su aprovechamiento y uso doméstico en Ibagué, Tolima, Colombia*. Obtenido de <https://revistas.ucc.edu.co/index.php/in/article/view/812/771>
- Proaño, P., Capito, L., Rosales, A., & Camacho, O. (2017). A dynamical sliding mode control approach for long deadtime systems. *International Conference on Control, Decision and Information Technologies (CoDIT)*. IEEE.
- Pulla, E. P. (26 de Junio de 2007). *Trabajo de investigación Oxígeno disuelto OD*. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6162/5/Investigacion.pdf>
- Quiñones, F., & Guzmán, S. (2000). *Determinación de Caudal y Técnicas de Muestreo en Agua Superficial*. Obtenido de <https://pubs.usgs.gov/of/1985/0089/report.pdf>
- Ramírez, C. A. (2011). *Calidad del agua (Evaluación y Diagnóstico)*. Obtenido de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=2fAYEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA33&dq=calidad+de+agua+carlos+alberto&ots=cdYLTq2G9m&sig=JROnTZbT765g4NKHH41ETF59uLw>
- Rodríguez, M. G. (2009). Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Manuel-Rodriguez-80/publication/263925744_La_hidrosfera_El_ciclo_del_agua_La_contaminacion_del_agua_Metodos_de_analisis_y_depuracion_El_problema_de_la_escasez_del_agua/links/5486d67c0cf2ef34478c2e1e/La-hidrosfera-EI-ci
- Roldan, M., & Latorre, S. (2021). Valoración Social de Funciones Ecosistémicas de las quebradas en QUITO, ECUADOR. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 21. Obtenido de <https://raco.cat/index.php/Revibec/article/view/389020>
- Romero, D. L. (2019). *Efectos de los tensoactivos en el medio ambiente*. Obtenido de <https://repository.usc.edu.co/bitstream/handle/20.500.12421/623/EFFECTOS%20DE%20LOS%20TENSOACTIVOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sanchez, M. M. (Junio de 2000). *Contribución al estudio de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)*. Obtenido de <http://eprints.uanl.mx/7204/1/1020091184.PDF>

Velastegui, R. P. (2020). *Repositorio EPN*. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/21047/1/CD%2010562.pdf>

ANEXOS

ANEXO 1 MAPA QUEBRADA CARRETAS



ANEXO 2: REGISTRO FOTOGRÁFICO



Figura 15 Cerramiento de la quebrada punto P1



Figura 16 Condiciones del punto P2



Figura 17 Vegetación en el punto P2



Figura 18 Condiciones del clima



Figura 19 Condiciones del agua punto P1



Figura 20 Entrada principal al punto 1

ANEXO 3: FICHA DE MUESTREO



ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS
TECNOLOGÍA SUPERIOR EN AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

Ficha de Muestreo

PROYECTO DE TITULACIÓN: EVALUACIÓN DE CALIDAD DEL CAUCE DE LA QUEBRADA CARRETAS DE CARAPUNGO.

1.- Datos generales

Integrantes:	
Ubicación:	
Hora:	
Condiciones del clima:	
Temperatura ambiente:	
Tipo de cuerpo hídrico	
Tipo de muestra	
Código de las muestras	
Errores e interferencias	

2.- Materiales y Equipos

3.- Puntos de Muestreo

			Parámetros de Medición en campo	Punto 1	Punto 2
Multiparámetro Hach					
Turbidímetro			ph		
Botellas			Oxígeno disuelto		
Frascos estériles			Conductividad		
Toallas absorbentes			Salinidad		
Guantes			Sólidos disueltos		
Balde			Turbidez		
Soga					
Otros (Detallar)					

4.- Conservación y Almacenamiento de muestras

Conservantes utilizados		
Almacenamiento		
Rotulado de muestras para laboratorio	Punto P1	Punto P2
Tensoactivos		
Coliformes		
Sólidos		

5.- Observaciones generales

ANEXO 4. ANÁLISIS DE LABORATORIO PUNTO P1 Y P2



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
Tel.: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext.: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec
Quito – Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 28 de julio de 2021

No.IRI-21-294

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Ing. Santiago Guerra
Nombre del Representante: Kathya Quirindumbay
Cédula / RUC: -
Dirección: -
Teléfono convencional: -
Teléfono celular: -
Correo electrónico: kathya.quirindumbay@epn.edu.ec

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-07-19
No. Oferta de Servicio: OF21-169
No. Solicitud de trabajo: ST-21-093
Tipo de servicio: Servicio de ensayo aplicado a la investigación
Código de la muestra: MI-21- 294
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 20 al 21 de julio de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 7,0°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto: EVALUACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA DEL CAUCE DE LA QUEBRADA CARRETAS DE CARAPUNGO.

Fecha de muestreo:	2021-07-19	Tipo de envase:	Nº de envases:	Preservante:
Rotulación de la muestra:	PUNTO 1	Plástico	1	No
Tipo de muestreo:	Puntual	Plást. estéril	1	No
Tipo de muestra:	Agua Residual			
Lugar de muestreo:	-			
Origen de la muestra:	-			
Responsable de muestreo:	Cliente			

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
^(c) Coliformes fecales	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples	NMP/100mL	1,5 x 10 ⁷
^(c) Coliformes totales	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples	NMP/100mL	7,5 x 10 ⁷
^(a) Tensioactivos (detergentes aniónicos)	PE-03/ SM Ed.23, 2017, 5540 C / Espectrofotometría VIS / Anionic Surfactants as MBAS)	mg/L	34,4

Acreditaciones:

^(a) Acreditación Nº OAE LE 2C 06-012 . Alcance específico de la acreditación: www.acreditacion.gob.ec

^(c) Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas

La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera

El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados

En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa

Prohibida la reproducción parcial de este informe

Revisado por: 
RESPONSABLE TÉCNICO

Aprobado por: MSc. Carola Fierro
RESPONSABLE DE LABORATORIO



**ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
Tel.: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext.: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec
Quito – Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 28 de julio de 2021

No.IRI-21-295

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Ing. Santiago Guerra
Nombre del Representante: Kathya Quirindumbay
Cédula / RUC: -
Dirección: -
Teléfono convencional: -
Teléfono celular: -
Correo electrónico: kathya.quirindumbay@epn.edu.ec

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-07-19
No. Oferta de Servicio: OF21-169
No. Solicitud de trabajo: ST-21-093
Tipo de servicio: Servicio de ensayo aplicado a la investigación
Código de la muestra: MI-21- 295
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 20 al 21 de julio de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 7,0°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto: EVALUACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA DEL CAUCE DE LA QUEBRADA CARRETAS DE CARAPUNGO.

Fecha de muestreo: 2021-07-19
Rotulación de la muestra: PUNTO 2
Tipo de muestreo: Puntual
Tipo de muestra: Agua Residual
Lugar de muestreo: -
Origen de la muestra: -
Responsable de muestreo: Cliente

Tipo de envase: Plástico
Nº de envases: 1
Preservante: No

Tipo de envase: Plást. estéril
Nº de envases: 1
Preservante: No

PARAMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
⁽⁶⁾ Coliformes fecales	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples	NMP/100mL	4,6 x 10 ⁶
⁽⁶⁾ Coliformes totales	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples	NMP/100mL	1,1 x 10 ⁷
⁽⁶⁾ Tensoactivos (detergentes aniónicos)	PE-03/ SM Ed.23, 2017, 5540 C / Espectrofotometría VIS / Anionic Surfactants as MBAS)	mg/L	32,7

Acreditaciones:

⁽⁶⁾ Acreditación N° OAE LE 2C 06-012 . Alcance específico de la acreditación: www.acreditacion.gob.ec

⁽⁶⁾ Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas
La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera
El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados
En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa
Prohibida la reproducción parcial de este informe

Revisado por: 
RESPONSABLE TÉCNICO

Aprobado por: MSc. Carola Fierro
RESPONSABLE DE LABORATORIO

**ANEXO 5: ACUERDO MINISTERIAL 097-A, ANEXOS DE
NORMATIVA, REFORMA LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE
LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE**

Anexo 5.1: Acuerdo Ministerial 097-A, Anexos de Normativa, Tabla 2

14 Miércoles 4 de noviembre de 2015 -- Edición Especial N° 387 - Registro Oficial

TABLA 2: CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACIÓN DE LA VIDA ACUÁTICA Y SILVESTRE EN AGUAS DULCES, MARINAS Y DE ESTUARIOS

PARÁMETROS	Expresados como	Unidad	Criterio de calidad	
			Agua dulce	Agua marina y de estuario
Aluminio ⁽¹⁾	Al	mg/l	0,1	1,5
Amoniaco Total ⁽²⁾	NH3	mg/l	-	0,4
Arsénico	As	mg/l	0,05	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0	1,0
Berilio	Be	mg/l	0,1	1,5
Bifenilos Policlorados	Concentración de PCBs totales	µg/l	1,0	1,0
Boro	B	mg/l	0,75	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,001	0,005
Cianuros	CN	mg/l	0,01	0,01
Cinc	Zn	mg/l	0,03	0,015
Cloro residual total	Cl ₂	mg/l	0,01	0,01
Clorofenoles ⁽³⁾		mg/l	0,05	0,05
Cobalto	Co	mg/l	0,2	0,2
Cobre	Cu	mg/l	0,005	0,005
Cromo total	Cr	mg/l	0,032	0,05
Estaño	Sn	mg/l		2,00
Fenoles monohídricos	Expresado como fenoles	mg/l	0,001	0,001
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3	0,3
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	0,5	0,5
Hierro	Fe	mg/l	0,3	0,3
Manganeso	Mn	mg/l	0,1	0,1
Materia flotante de origen antrópico	visible		Ausencia	Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0,0002	0,0001
Níquel	Ni	mg/l	0,025	0,1
Oxígeno Disuelto	OD	% de saturación	> 80	> 60
Piretroides	Concentración de piretroides totales	mg/l	0,05	0,05
Plaguicidas organoclorados totales	Organoclorados totales	µg/l	10,0	10,0
Plaguicidas organofosforados totales	Organofosforados totales	µg/l	10,0	10,0
Plata	Ag	mg/l	0,01	0,005
Plomo	Pb	mg/l	0,001	0,001
Potencial de Hidrógeno	pH	unidades de pH	6,5 – 9	6,5 – 9,5
Selenio	Se	mg/l	0,001	0,001
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5	0,5
Nitritos	NO ₂ ⁻	mg/l	0,2	
Nitratos	NO ₃ ⁻	mg/l	13	200
DQO	DQO	mg/l	40	-
DBO ₅	DBO ₅	mg/l	20	-
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	max incremento de 10% de la condición natural	-

⁽¹⁾ Aluminio: Si el pH es menor a 6,5 el criterio de calidad será 0,005 mg/l

⁽²⁾ Aplicar la Tabla 2a como criterio de calidad para agua dulce

⁽³⁾ Si sobrepasa el criterio de calidad se debe analizar el diclorofenol cuyo criterio de calidad es 0,2 ug/l

Documento con posibles errores digitalizado de la publicación original. Favor verificar con imagen.

 No imprima este documento a menos que sea absolutamente necesario.

Anexo 5.2: Acuerdo Ministerial 097-A, Anexos de Normativa, Tabla 9

TABLA 9. LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE

Parámetros	Expresado como	Unidad	Limite máximo permisible
Aceites y Grasas.	Sust. solubles en hexano	mg/l	30,0
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro Total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	0,1
Cinc	Zn	mg/l	5,0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Ext. carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1

Documento con posibles errores digitalizado de la publicación original. Favor verificar con imagen.

 No imprima este documento a menos que sea absolutamente necesario.

22 Miércoles 4 de noviembre de 2015 -- Edición Especial N° 387 - Registro Oficial

Cloruros	Cl ⁻	mg/l	1 000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	2000
Color real ¹	Color real	unidades de color	Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr ⁶⁺	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10,0
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Manganeso total	Mn	mg/l	2,0
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno amoniacal	N	mg/l	30,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	50,0
Compuestos Organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Compuestos Organofosforados	Organofosforados totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	130
Sólidos totales	ST	mg/l	1 600
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	mg/l	1000
Sulfuros	S ²⁻	mg/l	0,5
Temperatura	°C		Condición natural ± 3
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0

¹ La apreciación del color se estima sobre 10 cm de muestra diluida