



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL**

Determinación de la calidad de agua mediante parámetros físicos, químicos y microbiológicos en la microcuenca Sicalpa, Cantón Colta.

Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero Ambiental

Autores:

Cumbal Imbaquingo, Freddy Marcelo
Ordoñez Bustamante, Bryan José

Tutora:

PhD. Ana Cecilia Ríos Rivera

Riobamba, Ecuador. 2023

DERECHOS DE AUTORÍA

Nosotros, Bryan José Ordoñez Bustamante y Freddy Marcelo Cumbal Imbaquingo, con cédula de ciudadanía 030231260-1 y 172440586-3, autores del trabajo de investigación titulado: Determinación de la calidad de agua mediante parámetros físicos, químicos y microbiológicos en la microcuenca Sicalpa, Cantón Colta, certificamos que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 23 de marzo del 2023.



Bryan José Ordoñez Bustamante

C.I: 030261260-1



Freddy Marcelo Cumbal Imbaquingo

C.I: 172440586-3

DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR Y MIEMBROS DEL TRIBUNAL

DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR Y MIEMBROS DE TRIBUNAL;

Quienes suscribimos, catedráticos designados Tutor y Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación Determinación de la calidad de agua mediante parámetros físicos, químicos y microbiológicos en la microcuenca Sicalpa, Cantón Colta, presentado por Bryan José Ordoñez Bustamante y Freddy Marcelo Cumbal Imbaquingo, con cédulas de identidad número 030261260-1 y 172440586-3, certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha asesorado durante el desarrollo, revisado y evaluado el trabajo de investigación escrito y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 23 de marzo del 2023.

Dra. Julia Guadalupe Calahorrano González
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



PhD. Benito Guillermo Mendoza Trujillo
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Mgs. Guido Patricio Santillán Lima
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



PhD. Ana Cecilia Ríos Rivera
TUTOR



DEDICATORIA

El destino del ser humano se orienta hacia la realización de sus ideales bajo la luz que emana del principio divino; al ir transitando por mi sendero y formando mi destino, dedico el logro de esta realización académica a Dios, hacedor de todas las cosas, por ser mi guía y mi seguridad.

Dedico este trabajo científico a mi adorada madre Rosa Ordoñez, ejemplo de amor y de virtud; ella a sido quien me a incentivado todos los días para que alcance las metas propuestas y me forme como hombre de bien. Su mano siempre presta y su voz siempre de aliento me han acompañado en cada jornada por conquistar este sueño.

También dedico esta tesis a mis queridos abuelitos Rafael Ordoñez y Gloria Bustamante. Quienes han sido para mí el soporte y modelo diario de trabajo, de verdad y de dignidad, aportándome siempre con su valentía y ejemplo día a día, sin mencionar su sin fin de oraciones.

Bryan José Ordoñez Bustamante

Dedico este logro a mi Dios, quien me dio la fortaleza y la vocación para cursar esta carrera. A mi madre, Hortencia Imbaquingo quien ha sido un apoyo incondicional, además de ser mi motivación constante, ya que ella fue el pilar más importante en este transcurso de estos años de preparación académica.

A mis abuelos María Dolores Quishpe y Carlos Manuel Imbaquingo quienes han sido un constante apoyo emocional en esta vida, a mis amigos y a mi amor por darme siempre la confianza, la paciencia y siempre ser mis concejeros, dejando huella en mi vida y corazón.

Freddy Marcelo Cumbal Imbaquingo

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento se manifiesta primero al creador, a Dios, cuya esencia se percibe en las cosas positivas del universo y sus dones se hacen presentes en los seres humanos cuando sintiendo su presencia en el corazón, encaminan sus pasos por el camino del bien y la armonía.

Mi reconocimiento incondicional a la PhD. Ana Cecilia Ríos Rivera, tutora de esta tesis, y a la Dra. Omaira Márquez, profesionales de altísimos kilates; cuyos conocimientos se traducen en el consejo oportuno, en la palabra sabia y en la recomendación precisa para cumplir con los objetivos de la investigación; su profesionalismo, intelecto y compromiso con la educación la ubican en el sitio que corresponde a los mejores maestros por vocación, que laboran cada día por el desarrollo nacional.

Bryan José Ordoñez Bustamante

Agradezco a Dios y a mi madre por darme siempre el apoyo necesario y guiarme por toda esta carrera universitaria y siempre cuidarme. Agradezco a Miguel Arroyo e Isabel del Hierro por ser como un padre y una madre, ayudándome siempre, educándome y guiándome para ser una persona de bien ante la sociedad.

A la Carrera de Ingeniería Ambiental por guiarme con la educación, a los docentes y técnicos laboratoristas por ayudarme compartiendo sus conocimientos conmigo, a mi amigo Bryan Ordoñez por ayudarme con su sabiduría y con sus palabras motivadoras a no rendirme en este camino largo y duro de la vida.

Freddy Marcelo Cumbal Imbaquingo

ÍNDICE GENERAL

Derechos de Autoría.....	2
Dictamen favorable del Tutor y Miembros del Tribunal.....	3
Dedicatoria.....	4
Agradecimiento.....	5
Capítulo I.....	13
Introducción	13
Justificación.....	14
Planteamiento del Problema.....	14
Objetivos	15
Objetivo General.....	15
Objetivos Específicos.	15
CAPÍTULO II.....	16
Marco teórico	16
Cuenca Hidrográfica	16
Morfometría de una cuenca hidrográfica.....	16
Parámetros de la morfometría de una cuenca hidrográfica.....	16
Parámetros Físicos	16
Parámetros de Forma	16
Parámetros de Relieve	17
Parámetros de Drenaje	18
Calidad del agua.....	18
Índices de calidad de agua (ICA).....	18
Parámetros para el cálculo del índice de calidad del agua (ICA).	19
CAPÍTULO III	21
Metodología	21
Localización.....	21
Tipo de Investigación.....	21
Diseño de Investigación.....	22
Morfología de la Microcuenca.....	22
Puntos de Muestreo.....	22
Toma de muestras de agua.....	22

Análisis de agua	22
Índice NSF-WQI (ICA)	25
Rangos del índice de calidad de agua.	26
CAPÍTULO IV	27
Resultados y Discusión	27
Resultados obtenidos de la morfometría de la Microcuenca Sicalpa y puntos de monitoreo	27
Parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua en la zona de estudio.....	30
Resultados obtenidos del Potencial de Hidrógeno (pH)	30
Resultados obtenidos del Oxígeno Disuelto (OD).....	32
Resultados obtenidos de Sólidos Disueltos Totales (TDS)	34
Resultados obtenidos de Nitratos (NO ₃).....	36
Resultados obtenidos de Fosfatos (PO ₄).....	38
Resultados obtenidos de la Demanda Bioquímica de Oxígeno	40
Resultados obtenidos de la Turbidez	42
Resultados obtenidos de Coliformes Fecales.....	44
Resultados obtenidos del Cambio de Temperatura.....	46
Calidad de agua de la microcuenca Sicalpa mediante ICA	48
CAPÍTULO V	50
Conclusiones y Recomendaciones	50
Conclusiones:.....	50
Recomendaciones	50
Bibliografía.....	52
Anexos.....	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Parámetros de análisis In situ.....	23
Tabla 2	Parámetros de análisis en el Laboratorio.....	23
Tabla 3	Importancia relativa de cada factor en la determinación de la calidad del agua mediante factores fisicoquímicos y el ICA. La sumatoria de todos los W_i debe ser igual a 1.....	25
Tabla 4	Los valores de NSF-WQI (ICA) fueron categorizados en cinco clases (Otto, 1978, citado por Robaluno, 2019).....	26
Tabla 5	Claificación del ICA por Brown...-.....	26
Tabla 6	Ubicación de los puntos de monitoreo.....	27
Tabla 7	Resultados de la morfometría de la microcuenca Sicalpa.....	28
Tabla 8	Valores de Índice de calidad de agua.....	66
Tabla 9	Valores de Coliformes Fecales.....	67
Tabla 10	Valores de Demanda Bioquímica de Oxígeno.....	68
Tabla 11	Valores de Oxígeno Disuelto.....	69
Tabla 12	Valores de Turbidez.....	70
Tabla 13	Valores de Cambio de Temperatura.....	71
Tabla 14	Valores de Fosfatos.....	72
Tabla 15	Valores de Nitratos.....	73
Tabla 16	Valores de Sólidos Disueltos Totales.....	74
Tabla 17	Valores de pH.....	75

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1	Mapa de Ubicación de la Microcuenca Sicalpa.....	21
Gráfica 2	Variación del Potencial de Hidrógeno (pH)	30
Gráfica 3	Variación del Oxígeno Disuelto (OD).....	32
Gráfica 4	Variación de Sólidos Disueltos Totales (TDS)	34
Gráfica 5	Variación de Nitratos (NO ₃)	36
Gráfica 6	Variación de Fosfatos (PO ₄).....	38
Gráfica 7	Variación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅).....	40
Gráfica 8	Variación de la Turbidez	42
Gráfica 9	Variación de Coliformes Fecales.....	44
Gráfica 10	Variación del Cambio de Temperatura.....	46
Gráfica 11	Variación del Índice de Calidad de Agua (ICA-NSF).....	48
Gráfica 12	Punto de monitoreo 1.1.....	57
Gráfica 13	Punto de monitoreo 1.2.....	57
Gráfica 14	Punto de monitoreo 2.1.....	57
Gráfica 15	Punto de monitoreo 2.2.....	57
Gráfica 16	Punto de monitoreo 3.1.....	58
Gráfica 17	Punto de monitoreo 3.2.....	58
Gráfica 18	Punto de monitoreo 4.1.....	58
Gráfica 19	Punto de monitoreo 4.2.....	58
Gráfica 20	Punto de monitoreo 5.1.....	59
Gráfica 21	Punto de monitoreo 5.2.....	59
Gráfica 22	Punto de monitoreo 6.1.....	59
Gráfica 23	Punto de monitoreo 6.2.....	59
Gráfica 24	Punto de monitoreo 7.1.....	60
Gráfica 25	Punto de monitoreo 7.2.....	60
Gráfica 26	Punto de monitoreo 8.1.....	60
Gráfica 27	Punto de monitoreo 8.2.....	60
Gráfica 28	Punto de monitoreo 9.1.....	61
Gráfica 29	Punto de monitoreo 9.2.....	61
Gráfica 30	Punto de monitoreo 10.1.....	61
Gráfica 31	Punto de monitoreo 10.2.....	61
Gráfica 32	Punto de monitoreo 11.1.....	62
Gráfica 33	Punto de monitoreo 11.2.....	62
Gráfica 34	Punto de monitoreo 12.1.....	62
Gráfica 35	Punto de monitoreo 12.2.....	62
Gráfica 36	Páramo de Návag.....	63
Gráfica 37	Aforamiento del envase para toma de muestras in-situ.....	63
Gráfica 38	Calibración y limpieza del Multiparámetro HANNA HI98194.....	63
Gráfica 39	Datos obtenidos in-situ con ayuda del Multiparámetro HANNA HI98194 ..	63
Gráfica 40	Análisis de muestras de agua en el Laboratorio	64
Gráfica 41	Estimación de la turbidez por medio de un turbidímetro HANNA HI 93703.....	64
Gráfica 42	Reactivos, equipos e instrumentos de laboratorios necesarios para la determinación de la DBO ₅	64
Gráfica 43	Estimación de %OD previo a almacenamiento de la muestra de agua por 5 días.....	65

Gráfica 44	Colocación de muestra de agua sobre petrifilm para estimación de coliformes fecales.....	65
Gráfica 45	Mapa de los puntos de muestreo	65

RESUMEN

El objetivo de la tesis fue determinar la calidad del agua mediante el uso de parámetros físicos, químicos y microbiológicos en la microcuenca del río Sicalpa, cantón Colta. El estudio fue realizado en época seca, en los meses de junio a septiembre; iniciando con un análisis geoespacial para la determinación de la morfometría.

Para la recolección de muestras de agua se seleccionó 24 puntos, los cuales fueron georreferenciados mediante un GPS. Una vez obtenidas las muestras, fueron trasladadas al laboratorio de servicios ambientales de la UNACH para realizar los respectivos análisis de: Temperatura, Potencial de Hidrógeno, Turbidez, Sólidos Disueltos Totales, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Oxígeno Disuelto, Fosfatos, Nitratos y Coliformes Fecales.

Los resultados indican una microcuenca pequeña, plana, con porciones accidentales en el páramo de Návag, donde sus causes son drenados en periodos largos de tiempo.

Los parámetros físicos, químicos y microbiológicos muestran variaciones importantes entre la microcuenca alta y baja, los cuales tuvieron índices altos en los muestreos y reportan un ICA de: 67.90, 68.01, 68.07 y 68.42, que indica un agua de calidad regular.

Las variabilidades en los resultados evidencian influencia de la actividad antrópica en el deterioro de la calidad del agua en nuestra zona de estudio.

Palabras claves: geoespacial, morfometría, microcuenca, Índice de Calidad de Agua.

ABSTRACT

The objective of this thesis was to determine water quality using physical, chemical and microbiological parameters in the micro-watershed of the "Sicalpa" river, "Colta" canton. The study was carried out during the dry season, from June to September, starting with a geospatial analysis to determine morphometry. Twenty-four points were selected for the collection of water samples, which were georeferenced using a GPS. Once the samples were obtained, they were transferred to the environmental services laboratory of the UNACH to perform the respective analyses of: Temperature, Hydrogen Potential, Turbidity, Total Dissolved Solids, Biochemical Oxygen Demand, Dissolved Oxygen, Phosphates, Nitrates and Fecal Coliforms. The results indicate a small, flat micro-watershed, with accidental portions in the "Návag" moor, where its sources are drained over long periods of time. The physical, chemical and microbiological parameters show important variations between the upper and lower micro-watershed, which had high indexes in the samplings and report an AQI of: 67.90, 68.01, 68.07 and 68.42, indicating water of regular quality. The variability in the results evidences the influence of anthropogenic activity in the deterioration of water quality in our study area.

Keywords: geospatial, morphometry, micro basin, water quality index.



Reviewed by:
Lic. Doris Chuquimarca, Mgs.
ESL PROFESSOR
C.I. 060449038-3

Capítulo I

Introducción

El agua resulta un recurso de gran influencia, tanto para el funcionamiento de los ecosistemas como de la vida misma, resultando así indispensable para fomentar una vida digna y lograr un desarrollo sostenible. Resulta importante reconocer los diversos factores que conllevan a problemáticas generadas a partir de este recurso, teniendo así: sequías, desperdicio o contaminación por acciones antrópicas; considerándose esta última como la situación que más se ve reflejada en muchas zonas del mundo, así como de nuestro país Ecuador (Ruíz, 2021).

La calidad del agua se ha vuelto un punto de partida para determinar cómo influyen las actividades antrópicas como naturales a lo largo de la microcuenca. Establecer esto parece muy sencillo, pero está muy alejado de la realidad, pues demanda un considerable tiempo de campo y laboratorio a la par para determinar los diferentes indicadores de calidad de agua, siendo así uno de los métodos más utilizados y factible, el Índice de Calidad del Agua (ICA).

El ICA resulta del complejo análisis conjunto de ciertos parámetros que nos brinda como resultado el estado de la calidad del agua (Fernández et al., 2003). Para la evaluación de ICA, se utilizan nueve parámetros, mismos que son: temperatura (expresada como la desviación de la temperatura de equilibrio en °C, es decir, la diferencia entre la temperatura ambiente y la temperatura del agua), pH, turbiedad (F.A.U.), demanda bioquímica de oxígeno ($\frac{mg}{L}$), porcentaje de saturación del oxígeno no disuelto (%OD), sólidos disueltos totales ($\frac{mg}{L}$), fosfatos ($\frac{mg}{L}$), nitratos ($\frac{mg}{L}$), y coliformes fecales (NMP 100 mL⁻¹) (SNET, 2018).

El desarrollo de la clasificación del ICA oscila entre cero y cien, teniendo así: valores entre 100 a 91; calidad excelente, valores entre 90 a 71; calidad buena, valores entre 70 y 51; calidad regular, valores entre 50 y 26; calidad mala y valores entre 0 y 25 calidad pésima (Fernández & Solano, 2005; Caho & López, 2017).

Colta, al verse afectada por la mecanización y escaso dinamismo de la agricultura; se ve presuntuosa directamente por estos procesos, lográndose identificar una clara diferencia entre las zonas urbanas y rurales (Fernández, 2015). Los asentamientos humanos en Colta inician a partir de zonas donde exista una disponibilidad en cuanto a servicios básicos, salud y educación; por tal motivo su concentración se da en la cabecera cantonal de Cajabamba (Fernández, 2015).

La microcuenca del río Sicalpa no queda exenta de estos procesos y al no poseer estudios en cuanto a calidad del agua en dicha zona, el desconocimiento puede afectar directamente a la población, así como también a la dinámica de los ecosistemas que aquí se desarrollan, suponiéndose un riesgo, ya que, la población en dichas zonas utiliza el agua sin previo tratamiento para sus actividades cotidianas (Fernández, 2015).

La presente investigación se enfocará en los ámbitos de calidad de agua de la mencionada zona, realizando muestreos de agua durante cuatro meses durante la época de lluvia para obtener los datos y compararlos entre sí y obtener la variación que sufren los parámetros del ICA en función al tiempo de estudio, tomando en cuenta las variables antrópicas y ambientales, permitiendo determinar si la calidad del agua que fluye por esta microcuenca se encuentra entre los rangos antes mencionados y que son establecidos por la National Sanitation Foundation.

Justificación

Las civilizaciones han conseguido desarrollo a partir de los cuerpos de agua superficiales, siendo así que su progreso en sí se dio gracias a este líquido vital. Actualmente las actividades antrópicas afectan directamente a la calidad de las aguas, pues desde el vertimiento de aguas domésticas e industriales hasta la producción agrícola y ganadera aportan a que la calidad del agua varíe en las diferentes zonas, pudiendo afectar así tanto al ser humano como a la dinámica de los ecosistemas (García et al., 2021).

En la microcuenca Sicalpa no existen datos en cuanto al ICA concierne, por tal motivo resulta de suma importancia determinar los parámetros establecidos por este y brindar información relevante sobre el estado de la calidad del agua en esta microcuenca, así como también su variación con el tiempo y la influencia de las actividades antrópicas y factores naturales en la zona en mención.

Determinar el ICA nos permitirá tener un punto de partida clave para poder brindar soluciones en el caso de que el agua se hallase contaminada o poder servir como un punto de partida y aporte para futuras investigaciones que se pueden llevar a cabo en la microcuenca Sicalpa.

Planteamiento del Problema

Las diversas fuentes de agua superficial, tales como: lagos, ríos, arroyos y aguas subterráneas deben poseer agua con buena calidad, debido a que son la única fuente que abastece de manera natural para el sustento de la vida (Mann & Williamson 1986; Khatri & Tyagi, 2015). Sin embargo, estas aguas contienen contaminantes que son de origen natural o antropogénico por acción de la erosión, lixiviación, meteorización, cambio de uso de suelo, descargas de aguas residuales sin previo tratamiento; etc., mismos que limitan sus usos y pueden ser reducidos o eliminados del agua por procesos de tratamiento de potabilización o tratamiento de aguas residuales (Nemerow 1985; Tebbutt 1992; Khatri & Tyagi, 2015).

Los principios de contaminación a nivel nacional son primordialmente los asentamientos humanos, deforestación, cambio de uso de suelo y las aguas residuales sin previo tratamiento que se arrojan a los ríos. Cada región del país presenta diversas fuentes de contaminación. En la Sierra se menciona la contaminación no puntual, misma que tiene su origen en los sistemas agrícolas y en los cultivos de exportación como las flores y el brócoli que para su cosecha, necesitan del uso extensivo de pesticidas y fertilizantes (Izurieta et al., 2019).

Aquí, el menoscabo del recurso hídrico también se ve asociado primordialmente con los vertimientos antes mencionados y por los residuos de producción agrícola, ganadera y

actividades de transporte terrestre, fluvial y marítimo de sustancias peligrosas o petróleo, aguas de extracción minera y residuos sólidos, mismos que son dispuestos en rellenos sanitarios o directamente en los cuerpos de agua superficiales sin regulación (IDEAM, 2001; Torres et al., 2009).

Estudios que conciernen a calidad de agua desarrollados en diferentes ríos del Ecuador denotan que existen niveles altos en concentraciones de: fósforo, nitrógeno, DBO y coliformes; todo esto debido a las actividades humanas como: agricultura, ganadería, descargas de efluentes industriales y residuos sólidos; mismas que están ligadas con el desarrollo y crecimiento exponencial de la población en las zonas periféricas (Escobar, 2002; Baque, 2016; Duque et al., 2018; Cárdenas, 2020).

En las riberas de las quebradas y por mencionar; los ríos Cajabamba y Sicalpa se realiza pastoreo; además de que se arroja basura orgánica e inorgánica por parte de la población y estos ríos reciben también la descarga de aguas servidas y de uso doméstico. Otro punto por recalcar es que en más de la mitad del territorio se emplean fertilizantes e insumos químicos para la producción agrícola (GADMC, 2014).

El ICA es un método utilizado para la determinación de la calidad de agua, mismo que será replicado en la microcuenca del río Sicalpa, definiendo si el agua está o no en buenas condiciones a través de los rangos establecidos por el ICA mediante la determinación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos; pues, en la microcuenca antes mencionada no existen estudios que hagan énfasis a la calidad de agua que fluye por esta zona, por lo tanto; la investigación resulta una herramienta indispensable para la obtención de información en dicha zona y un punto de partida para futuras investigaciones (Caho & López, 2017).

Objetivos

Objetivo General.

- Determinar la calidad del agua mediante el uso de parámetros físicos, químicos y microbiológicos en la microcuenca del río Sicalpa, cantón Colta.

Objetivos Específicos.

- Determinar la morfometría y establecer puntos de muestreo en la microcuenca del río Sicalpa.
- Analizar los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua en la zona de estudio.
- Estimar la calidad de agua de la microcuenca Sicalpa mediante el Índice de Calidad de agua (ICA).

CAPÍTULO II

Marco teórico

Cuenca Hidrográfica

Una cuenca hidrográfica se refiere a una unidad territorial, misma que se encuentra delimitada por la línea divisoria de sus aguas y que drenan estas aguas de manera superficial hacia un cauce común, incluyéndose en este espacio a: poblaciones, infraestructura, áreas de conservación, protección u preservación y a zonas productivas (Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento Del Agua, 2014).

Morfometría de una cuenca hidrográfica

La morfometría de una cuenca resulta de un complejo estudio cuantitativo y matemático de la geomorfología de las características físicas que posee una cuenca hidrográfica para brindarnos un análisis del funcionamiento hidrológico de la misma. Esta desempeña un papel primordial en cuanto al conocimiento de las características hidrogeológicas de la cuenca y su estrecha relación con su topografía, así como también con sus patrones de flujo (Ramírez et al., 2021; Hurtado & Jiménez, 2021).

Parámetros de la morfometría de una cuenca hidrográfica

Parámetros Físicos

Área. Definido como una proyección horizontal de la superficie de drenaje del sistema de escorrentía que se dirige directa o indirectamente a un cauce natural y se encuentra delimitada por una divisoria de aguas. A su vez, se encuentra expresada comúnmente en Km² (Brieva, 2018).

Perímetro. Representa el contorno de la cuenca y es la longitud sobre un plano horizontal que recorre la divisoria de aguas y que da la forma irregular a la cuenca. Generalmente se representa en kilómetros (Brieva, 2018).

Longitud. Es una medida horizontal que forma una línea recta y va desde el punto de salida de la cuenca o desembocadura hasta el punto de que esta más alejado aguas arriba y se expresa en kilómetros (Brieva, 2018).

Longitud del cauce principal. Se refiere a la medida del cuerpo de agua tomando en cuenta la sinuosidad de su canal, misma que se expresa en kilómetros (Brieva, 2018).

Densidad de drenaje. Se basa en la relación de la longitud con el área de la cuenca (Brieva, 2018).

Parámetros de Forma

Índice de Compacidad. Contrasta la forma de la cuenca con la de una circunferencia, cuyo círculo inscrito tiene un área igual que de la cuenca en estudio. El coeficiente del área estudiada tiene un valor de uno para cuencas redondas y este coeficiente nunca tendrá un valor menor a uno (Brieva, 2018).

El Índice de compacidad explica la relación en concentraciones con la escurrentía, teniendo así que mientras más cerca se encuentre el índice de compacidad de la unidad, mayor volumen de agua poseerá la cuenca (Brieva, 2018).

Factor de Forma. Trata de medir cuan alargada u cuadrada es la cuenca a través de la relación entre el área y el cuadrado de la longitud de la cuenca (Brieva, 2018).

Un factor de forma bajo significa que la cuenca es menos propensa a crecientes que otra cuenca que posea la misma área de la cuenca, pero un factor de forma mayor (Brieva, 2018).

Relación de Elongación. Definida como la relación del diámetro de un círculo, cuya área es la misma que la de la cuenca. Su valor se acerca a la unidad cuando la cuenca es plana y circular (Brieva, 2018).

Relación de Circularidad. Se refiere a la relación del área de la cuenca y la circunferencia equivalente al perímetro de la zona de estudio, donde si el valor obtenido resulta 1, la cuenca es circular y si es 0.785 la cuenca es cuadrada (Díaz et al., 1999).

Parámetros de Relieve

Pendiente media de la cuenca. Definida como la recta que posee datos de los diferentes valores que se obtuvieron por intervalos iguales a lo largo del cauce de la cuenca, el cual tiene una relación con la infiltración, la humedad que tiene la cuenca, el aporte de las aguas subterráneas a los cauces, el escurrimiento superficial de la cuenca y su escurrimiento superficial (Hurtado & Jiménez, 2021).

Análisis Hipsométrico. Relación existente entre el porcentaje de altura y el porcentaje de área y sirve para determinar el estado de madurez o juventud de la cuenca (Brieva, 2018).

Cota Mayor De La Cuenca. Altura mayor a la cual se encuentra la divisoria de la cuenca (Brieva, 2018).

Cota Menor De La Cuenca. Altura menor a la cual se encuentra la divisoria de la cuenca (Brieva, 2018).

Pendiente Promedio Del Cauce. Está pendiente puede ser determinada a partir del método de valores extremos, mismo que consiste en determinar el desnivel a partir de las cotas mayor y menor del cauce seccionadas para la longitud del cauce (Brieva, 2018).

Orden de la Red Hídrica. Este parámetro nos indica la categorización que tiene dentro de la zona de estudio, considerando así a al corriente de primer orden como las más fuertes y las que llevan el agua de nacimientos, cuando dos corrientes de orden 1 se unen forman una corriente de orden, teniendo así cuando una corriente de agua se une con una de mayor orden, esta corriente conserva su mayor orden (Brieva, 2018).

Longitud de la Red Hídrica. La longitud de la red hídrica es el total de la longitud que tiene con el plano horizontal, el cual transita la divisoria de aguas, dándonos el valor de toda la superficie de la red hídrica desde su desembocadura hasta su nacimiento (Díaz et al., 1999).

Densidad Hidrográfica. La densidad hidrográfica es la representación de los números de cauces de flujo en la superficie, el cual mantiene las condiciones de drenaje de la zona de estudio (Díaz et al., 1999).

Parámetros de Drenaje

Densidad de drenaje. Relaciona la longitud de drenaje con el área (Brieva, 2018, p. 24). Resulta como un excelente indicador acerca del relieve superficial de la cuenca, así como también de las características geológicas de la misma (Zucarelli, 2017; Hurtado & Jiménez, 2021).

Tiempo de concentración. Es el tiempo de viaje de una gota de agua que se escurre superficialmente desde el lugar más alejado de la cuenca hasta la desembocadura (Ven Te Chow et al., 1994; Brieva, 2018).

Calidad del agua.

Esta terminología se refiere para expresar la composición del agua en un estado natural y si es que esta se ve afectada o no por actividades naturales u antrópicas, obteniéndose así una alteración en su composición, dándonos como resultado una clasificación (bueno, regular, malo); según el uso para el cual vaya a ser destinada esta agua (Torres, 2008).

La calidad de agua se ve disminuida por factores diversos, como el uso de suelo, producción industrial, agricultura, el tratamiento que recibe el agua antes de ser regresada luego de su uso a los cuerpos de agua, así como también el caudal de los ríos y lagos; pues de esto depende la capacidad natural de depuración (Calderón & Orellana, 2015).

Índices de calidad de agua (ICA).

Con el afán de disminuir la exégesis de los datos monitoreados, existen los índices de calidad de agua (ICA) e índices de contaminación (ICO), mismos que reducen los parámetros en una expresión de simple interpretación para los técnicos, administradores ambientales y público en general. La diferencia entre estos radica en la manera en la que se evalúan los procesos de contaminación, así como también el número de variables que se tomaron en cuenta para la formulación de cada uno de los índices respectivamente (Fernández & Solano, 2008; Torres et al., 2009).

La Fundación de Sanidad Nacional de los Estados Unidos de Norteamérica (NSF), que, en un esfuerzo por idear un sistema para comparar ríos en diversos sitios de la nación y basado en el modelo inicial de Brown, creo y diseño un índice estándar denominado WQI (Water Quality Index) que en español significa: Índice de Calidad de Agua (ICA) (SNET, 2018).

El mencionado índice se ha utilizado para medir las variaciones en la calidad del agua en distancias de los ríos en tiempos determinados, comparando la calidad del agua de otros tramos del mismo flujo de agua además de equiparlos con la calidad de agua de diferentes ríos que permanecen por el planeta. Los resultados pueden ser manejados para decretar si un tramo particular de del río en estudio se encuentra contaminado o no (SNET, 2018).

Parámetros para el cálculo del índice de calidad del agua (ICA).

Oxígeno Disuelto (OD).

Es la cantidad de oxígeno disuelto presente en el agua (Gualdrón, 2016). En lo que concierne, la presencia de una concentración suficiente de oxígeno disuelto es fundamental para mantener la calidad estética del agua y un desarrollo óptimo de la vida (United States Geological Survey, 2018).

El nivel de OD es un indicador de contaminación del agua. Una gran proviene del que del aire y otra como resultado de la fotosíntesis de las plantas acuáticas (Ecofluidos Ingenieros S.A., 2012).

Coliformes Fecales.

Son indicadores de la higiene en los alimentos y el agua dando a conocer si las heces de origen animal o humano están o no en contacto con el recurso hídrico (Duque et al., 2018). La mayoría de estas comprenden *Escherichia coli* y algunas cepas de *Enterobacter* y *Klebsiella* (Camacho, 2015; Calderón & Orellana, 2015).

Potencial Hidrogeno (pH)

El pH representa una muestra del grado de: acidez, neutralidad o basicidad del agua (Pérez & Restrepo, 2008; Gualdrón, 2016). El rango de medición práctico del pH es de los valores entre 0 y 14 (Cedeño, 2016). Para el propicio y desarrollo de la vida acuática, el intervalo oscila entre 6.5 a 8.0; de lo contrario, la biodiversidad acuática se verá reducida debido al estrés fisiológico o por problemas en su reproducción (Vereda, 2008; Samaniego, 2019). El pH que indica que un agua se encuentra contaminada por vertidos residuales suele ser muy ácida (Bueno, Torres & Delgado, 2014; Cárdenas, 2020).

BOD₅ (Demanda Biológica de Oxígeno).

La Demanda biológica de oxígeno hace referencia a la cantidad de oxígeno consumido por bacterias y otros microorganismos que, a su vez, descomponen materia orgánica en condiciones aeróbicas; en temperatura y tiempo específico (United States Geological Survey, 2018).

También es considerada como una medida de la estimación de las materias que son oxidables y están presentes en el agua, sea cual sea su origen; orgánico o mineral como el caso del hierro, nitritos, amoníaco, sulfuro y cloruros (Landro, 2019).

Nitratos.

Los nitratos son compuestos solubles que contienen nitrógeno y oxígeno, los cuales son procedentes de la descomposición de materia orgánica nitrogenada que está presente en las aguas superficiales o que son procedentes de basureros, fertilizantes, estiércol y material vegetal en descomposición (Cabello & Hervás, 2001). El nitrato es altamente soluble en el agua, por lo cual es fácilmente transportado por el cuerpo hídrico (Sigler & Bauder, 2012).

Fosfatos Totales.

El Fósforo es apreciado como la fuente nutricional de la cual se debe tener un control para estimar el grado de eutroficación de los ecosistemas acuáticos, ya que estos inciden en el crecimiento de algas (Iqbal et al., 2006; Beita & Barahona, 2010).

Este compuesto se puede encontrar en heces de aves, rocas de fosfato y en sedimentos de animales fosilizados los cuales pueden ser liberados hacia los recursos hídricos por medio de la erosión o lixiviación (Bolaños et al., 2017).

Temperatura.

Se refiere a la medición del grado de calor que posee un cuerpo de agua. Esta medida puede incidir en la calidad de agua debido a que determina propiedades y procesos que se dan en el agua, tales como: viscosidad, solubilidad de gases y sales, procesos fisiológicos de organismos que provocan alteraciones en su metabolismo, proliferación de microorganismos; entre otros (Landeró, 2019).

También es considerada como una variable fisicoquímica usada como indicativo de la estabilidad ecológica del sistema al tener influencia en la actividad biológica y crecimiento, de esta manera su variación produce cambios en el desarrollo de la biodiversidad de la fauna y flora (Ecofluidos Ingenieros S.A., 2012).

Turbidez.

Indica la materia en suspensión que puede provenir de sedimentos de microcuencas hidrográficas, así como de aguas residuales domésticas o de origen industrial y se mide en NTU (Montoya et al., 2011). Como indica también Gualdrón (2016), la turbidez se refiere al grado de opacidad en el agua por la alta concentración de sustancias, mismas que determinan la transparencia del agua y las actividades como: construcciones de carreteras, canteras, minería; dejan el suelo propenso a la erosión, permitiendo que, por acción de la escorrentía se altere este parámetro en ríos.

La turbidez es generada a partir de partículas suspendidas. La sedimentación de las partículas pequeñas menores al micrón de diámetro se da a menor velocidad mientras que las que poseen un tamaño mayor al micrón sedimentan de manera espontánea. En tanto que algunas son inorgánicas como las arcillas y fangos que provienen de la erosión de suelo, otras son orgánicas como las bacterias, parásitos, algas; etc. (Leandro et al., 2004).

Las actividades antrópicas generan también efluentes con partículas y otras sustancias como los virus, contaminantes químicos; etc. que pueden combinarse en los cuerpos superficiales de agua y en las plantas y redes de distribución de agua. Según el tamaño de las partículas, su composición química y demás variables dependientes que posea el agua serán los tratamientos efectivos para eliminar los contaminantes (Leandro et al., 2004).

El flujo de agua también puede afectar la turbidez y puede ser laminar o turbulento. Laminar cuando los flujos se trasladan paralelamente mientras que turbulento cuando el flujo de agua se mueve de manera errática, interfiriendo unas con otras (Vidart et al., 2022).

Sólidos Disueltos Totales.

Los sólidos disueltos están compuestos por sales inorgánicas (principalmente de calcio, magnesio, potasio y sodio, bicarbonatos, cloruros y sulfatos) y pequeñas cantidades de materia orgánica que pueden estar presentes en forma molecular, ionizada o en suspensión micro-granular, estos sólidos atraviesan un filtro con un tamaño de poro de 0,45 μm , de modo que están compuestos por sólidos disueltos y coloidales (Jiménez, 2018; Ruiz, 2018).

CAPÍTULO III

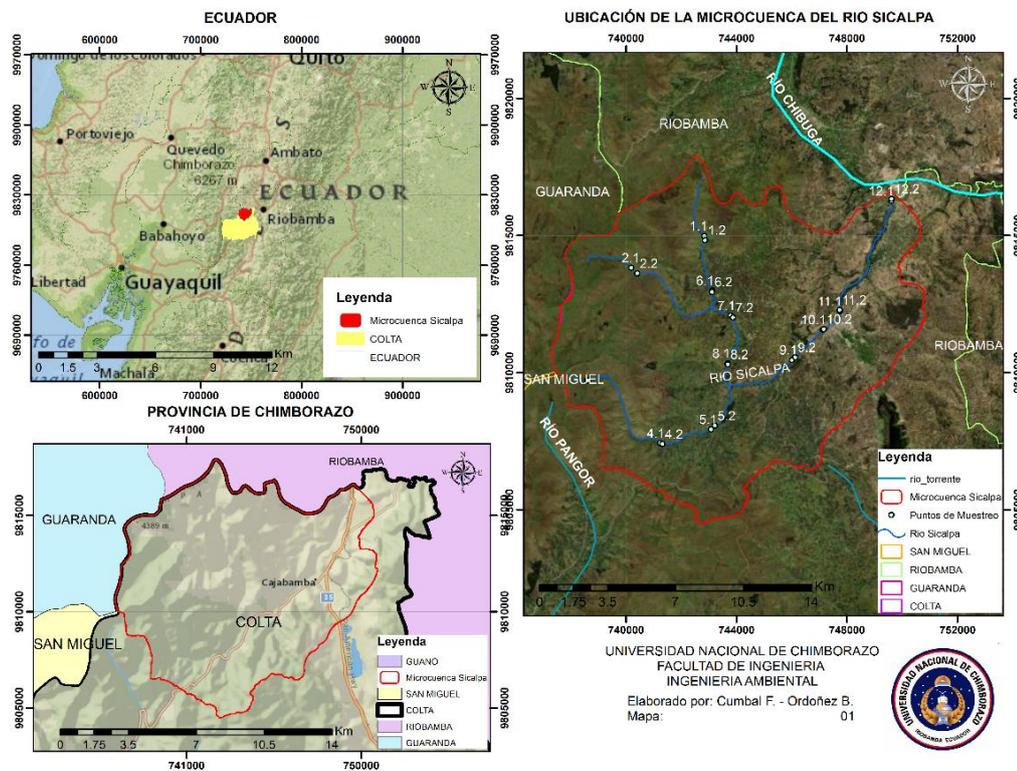
Metodología

Localización

La Microcuenca Sicalpa se encuentra ubicada en la provincia de Chimborazo, cantón Colta, parroquia “Villa La Unión”. Pertenece a la Subcuenca del río Chibunga y a la Cuenca del río Pastaza. Nace de las vertientes ubicadas en los páramos de Navag y desciende por estas hasta llegar hasta las zonas pobladas de Cajabamba y unir sus aguas con el río Chibunga.

La Microcuenca Sicalpa se encuentra conformada por seis ríos: Salado, Culluptus, Rayo, Batán, Sicalpa, Cajabamba; y por dos quebradas: Virgen Yacu y Secoyacu.

En la ilustración 1, se observa la ubicación geográfica de la microcuenca en estudio.



Gráfica 1 Mapa de Ubicación de la Microcuenca Sicalpa

Tipo de Investigación

La investigación se vio fundamentada en un enfoque cuantitativo y experimental, teniendo así:

- El enfoque cuantitativo se vio plasmado directamente en la morfología de la microcuenca, cuando se obtuvo cada criterio de los diferentes parámetros establecidos en ella, así como también cuando analizamos las muestras de agua, donde se alcanzó el criterio del ICA. También se vio reflejado este enfoque cuando fueron aplicadas las diferentes fórmulas y se consiguieron los valores numéricos que

se muestran en los distintos parámetros de la morfología de la microcuenca y en la aplicación de la fórmula del ICA establecida por Brown.

- Por otra parte, el método experimental quedó plasmado en el análisis realizado de las muestras de agua en el laboratorio, donde fueron aplicados los diferentes procedimientos para obtener los nueve datos de los parámetros que permitieron el cálculo del ICA.

Diseño de Investigación

El estudio se realizó de manera exploratoria, pues no existen datos en cuanto al ICA en la zona en mención. A partir de esto, resulta importante también recalcar tanto los estudios de campo como la parte experimental, pues; se realizaron muestreos in-situ por los 4 meses en el campo en época de lluvia y posteriormente un análisis de las muestras de agua en el Laboratorio de Servicios Ambientales de la UNACH, obteniéndose así los parámetros necesarios para el cálculo del ICA.

Morfología de la Microcuenca

Para la determinación de la morfología de la Microcuenca Sicalpa se utilizó herramientas S.I.G. (Sistema de Información Geográfica) para su análisis, basándonos en el uso de las fórmulas preestablecidas que nos permitieron desarrollar correctamente los cálculos y que se verán plasmados en los resultados.

Puntos de Muestreo

Los puntos de muestreo fueron determinados de forma aleatoria estratificada. Aleatoria, pues fueron definidos a partir de la influencia antrópica o natural que existe en la microcuenca Sicalpa y estratificada debido a que los puntos fueron distribuidos en toda la microcuenca, en la parte alta, media y baja; obteniendo así resultados que manifiesten el estado de la calidad de agua en toda la zona de estudio y se vea reflejado el comportamiento del agua tanto desde su nacimiento hasta cuando une sus aguas con el río Chibunga.

Toma de muestras de agua

Muestreo puntual.

Las muestras de agua fueron recolectadas en los frascos previamente asignados para cada punto de muestreo. Previo a ser llenados, los frascos fueron enjuagados un mínimo de tres veces con la muestra a analizar (Severiche et al., 2013).

Transporte y almacenamiento de muestras de agua.

Las muestras fueron almacenadas debidamente etiquetadas en un cooler, mismo que mantuvo una temperatura de 4 °C y transportadas hacia el Laboratorio de Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo donde fueron analizadas. Dicho análisis se realizó luego las veinte y cuatro horas de recolectadas las muestras de agua (Severiche et al., 2013).

Análisis de agua

Para esto, se realizaron dos procedimientos, que se detallan a continuación:

Análisis In-situ. Este procedimiento se realizó con la ayuda del multiparámetro HANNA HI98194, mismo que cuenta con sondas para la medición de parámetros en campo. Con la ayuda de este instrumento obtuvimos los datos de:

Tabla 1.

Parámetros del análisis In-situ

Ítem	Parámetro	Sigla	Unidad	Instrumento de medición
1	Oxígeno Disuelto	OD	% OD	Multiparámetro HANNA HI98194
2	Temperatura del agua	T	oC	
3	Sólidos Disueltos Totales	TDS	$\frac{mg}{L}$	
4	Potencial de Hidrógeno	pH	Unidades de pH	

Nota: Parámetros de medición en el campo.

Análisis en el Laboratorio. Los parámetros restantes fueron analizados en el Laboratorio de Ciencias Ambientales de la UNACH, campus Edison Riera por medio de los siguientes métodos:

Tabla 2.

Parámetros del análisis en el Laboratorio

ANÁLISIS DE AGUA - LSA			
Código	Parámetro	Unidad	Método
319	SERV. LAB. ANALISIS DE AGUAS COLIFORMES FECALES	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9211
350	SERV. LAB. ANALISIS DE AGUAS DBO5	mgO ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 B
334	SERV. LAB. ANALISIS DE AGUAS NITRATO N	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - NO ₃ - E
331	SERV. LAB. ANALISIS DE AGUAS FOSFATOS	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - P - E
375	SERV. LAB. ANALISIS DE AGUAS TURBIDEZ	NTU	STANDARD METHODS 2130 B

Nota. Parámetros para análisis de laboratorio.

5210 B Prueba ROB de 5 días.

Procedimiento experimental que mide el oxígeno requerido por los organismos en sus procesos metabólicos al consumir la materia orgánica presente en las aguas. Consistió en llenar con muestra un frasco hermético e incubarlo a una determinada temperatura (6°C a 12 °C) durante 5 días. El oxígeno disuelto se midió antes y después de la incubación, y el ROB fue calculado mediante la diferencia entre el OD inicial y el final (APHA et al., 1992).

Según la Norma Técnica Ecuatoriana 1202 (2013), utilizamos un litro de agua de dilución, misma que cuenta con:

- 2 mililitros de solución amortiguadora de fosfato
- 1 mililitro de sulfato de magnesio (MgSO₄)
- 1 mililitro de cloruro de calcio (CaCl₂)
- 1 mililitro de cloruro férrico (FeCl₃)
- 995 mililitros de agua destilada

Posterior a esta dilución, aireamos y depositamos a razón de: 50% solución de dilución y 50% de alícuota de la muestra de agua en un frasco Winkler para tomar la lectura de OD en el día uno y día cinco y aplicamos la ecuación (2):

$$DBO_5 = \frac{mL \text{ de OD día 1} - mL \text{ de OD día 5}}{mL \text{ de la Alícuota de muestra de agua}} (2)$$

2130 B Método Nefelométrico Turbidez.

El método a través del turbidímetro consistente en el uso de un nefelómetro en una fuente de luz para iluminar la muestra con un dispositivo de lectura exterior que permitió indicar la intensidad de la luz dispersada a 90° de la vía de luz incidente (APHA et al., 1992). Para eso, utilizamos el medidor de turbidez HANNA HI 93703.

4500 - P - E Fosfatos.

Con la ayuda de un Espectrofotómetro con fototubo infrarrojo para un uso de 880 nm, con un recorrido de luz de 2,5 cm o superior se realizó la medición de este parámetro (APHA et al., 1992). Para llevar a cabo esto, utilizamos el espectrofotómetro visible DR 5000.

4500 - NO₃ – E Nitratos.

Para la medición de nitratos se utilizó el espectrofotómetro a 220 nm y 275 nm por medio de cubetas de sílice iguales, de 1 cm de recorrido de luz o más (APHA et al., 1992). Para llevar a cabo esto, utilizamos el espectrofotómetro visible DR 5000.

9211 C Técnicas especiales (ESPECIALIZADAS)

Procedimiento.

- a) Se coloca la placa Petrifilm en una superficie plana y que sea nivelada para evitar problemas. Levante la lámina semitransparente superior para su uso.
- b) Se coloca la dilución de 1 ml en el centro de la película cuadrículada inferior o usar una pipeta electrónica.
- c) Se preocupa presionar el dispensor para así distribuir la muestra sobre el área circular.
- d) Levantamos el dispensor, esperando al menos un minuto hasta que se solidifique el gel y llevamos a incubar.
- e) Se lleva a incubar las placas en grupos adecuados, es muy importante el ambiente de la incubadora para evitar una pérdida de humedad en ella.

Cálculos.

Para realizar el cálculo de las colonias en las placas petrifilm, se debió visualizar las burbujas del fondo son características del gel y no son el resultado del crecimiento de

colonias, al igual que no contar las colonias que aparecieron sobre la barrera de espuma (Ortiz & Ríos, 2006). Los coliformes fecales se tornan de un color azul-violeta debido a que son bacterias gran-negativas.

Índice NSF-WQI (ICA)

En la ecuación (1) se denota la expresión matemática con la cual se obtuvo el valor numérico que sirve como el indicador de calidad del agua que fue examinada (Bhuyan, Sahu, & Rout, 2014; Robalino, 2019).

$$ICA = \sum_{i=1}^9 W_i Q_i \quad (1)$$

En la ecuación (1), Q_i representa el “factor de calidad” del parámetro “ i ”. El factor de calidad de cada parámetro se relaciona con el valor medido experimentalmente mediante una expresión matemática no lineal y al mismo tiempo con el valor numérico registrado para cada uno de los parámetros; mismos que fueron reportados por (Deley; Márquez, García, Santillán, Rodríguez, 2017; Robalino, 2019). Los valores de W_i se ven enlistados en la Tabla 3 y representan el peso específico que posee cada elemento en la determinación de la calidad del agua (Samboni, Carvajal & Escobar, 2007; Robalino, 2019).

Tabla 3.

Importancia relativa de cada factor en la determinación de la calidad del agua mediante factores fisicoquímicos y el ICA. La sumatoria de todos los W_i debe ser igual a uno.

Parámetro indicador de calidad del agua	Unidades	Peso relativo (W_i)
Oxígeno disuelto (OD)	% de saturación	0,17
Coliformes fecales	NMP / 100 ml	0,15
pH	u.a.	0,12
DBO ₅	mg l ⁻¹	0,10
Nitratos (NO ₃)	mg l ⁻¹ (N)	0,10
Fosfatos totales (PO ₄)	mg l ⁻¹ (P)	0,10
Variación de Temperatura	°C	0,10
Turbidez	NTU	0,08
Sólidos disueltos totales (TDS)	mg l ⁻¹	0,08

Nota. Fuente: (SNET, 2018).

En la Tabla 4 se logra identificar la categorización de la calidad del agua en términos del valor numérico establecidos por la National Sanitation Foundation (NSF) para el Water Quality Index (WQI) (Otto, 1978; Robalino, 2019). La clasificación mostrada en la Tabla 4 ayuda a identificar la calidad de agua de los cuerpos de agua que requieren una atención inmediata en base a un plan de prioridades tomando en cuenta tanto la calificación de calidad como el rango de valores del ICA.

Tabla 4.

Los valores de NSF-WQI (ICA) fueron categorizados en cinco clases (Otto, 1978, citado por Robalino, 2019).

Clase	Califica de calidad	Rango de valores	Comentario
5	Muy buena	$90 < ICA \leq 100$	Agua clara que no ha tenido contacto con desechos domésticos. Ideal para peces y la vida silvestre.
4	Buena	$70 < ICA \leq 90$	Inicio de serios cambios en la calidad del agua debido al deterioro ambiental y al contacto con desechos domésticos y de la agricultura.
4	Moderada	$51 < ICA \leq 70$	Comienzan a ocurrir drásticos cambios en la calidad del agua. Algunas funciones naturales pueden ser afectadas.
2	Mala	$25 < ICA \leq 50$	Colonización del ecosistema por parte de grupos resistentes a la contaminación.
1	Muy mala	$0 \leq ICA \leq 25$	Representa un peligro en cualquier forma en que se consume. Convierte al agua en una comunidad de heterótrofos.

Nota. Fuente: (Sharifi, 1990; Robalino, 2019).

Rangos del índice de calidad de agua.

El ICA posee las condiciones óptimas para un máximo valor que está ya determinado y es de 100, mismo que va decreciendo con el aumento de la contaminación en la zona de estudio. Luego del cálculo, el ICA del agua de tipo “General” se clasifica la calidad del agua con base a la siguiente tabla (SNET, 2018).

Tabla 5.

Clasificación del "ICA" por Brown

Calidad del agua	Color	Valor
Excelente		91 a 100
Buena		71 a 90
Regular		51 a 70
Mala		26 a 50
Pésima		0 a 25

Nota. Fuente. (Brown, 1970; Lobos, 2002; López, 2019).

Para la determinación del ICA utilizaremos la herramienta ICATest v1.0; misma que es un software que fue elaborada para asistir a expertos, docentes, agencias del sector y población de manera general para la evaluación de la calidad de agua de los recursos hídricos de cualquier índole, representando la información de manera sencilla, fiable y de fácil entendimiento para los usuarios en consideración a su marco unificado de criterios (Fernández & Ramos, 2004).

CAPÍTULO IV

Resultados y Discusión

Resultados obtenidos de la morfometría de la Microcuenca Sicalpa y puntos de monitoreo

Puntos de monitoreo.

Para el desarrollo de esta investigación se establecieron los puntos de muestreo descritos en la tabla 6, por resultante tenemos:

Tabla 6.

Ubicación de los puntos de monitoreo

Puntos de monitoreo	Zona de Referencia	Características de la zona	Coordenadas Geográficas	
			X	Y
1.1	Cerro Llullucha	Área con predominio de páramo.	742800	9814968
1.2			742765	9814738
2.1	Cerro Puyay	Área con predominio de páramo.	740175	9813869
2.2			740473	9813613
3.1	Páramo de Návag	Área con predominio de páramo.	738616	9809650
3.2			738647	9809641
4.1	Comuna Huacona Chico	Área con leve intervención antrópica.	741245	9807462
4.2			741343	9807408
5.1	Comuna Coto Juan	Área con leve intervención antrópica.	743060	9807906
5.2			743232	9808091
6.1	Comuna Culluptus	Área con intervención antrópica.	743120	9812994
6.2			743106	9812943
7.1	Comuna Santa Rosa	Área con intervención antrópica.	743795	9812079
7.2			743879	9812026
8.1	Comuna Santa Isabel Pabell	Área con intervención antrópica.	743694	9810323
8.2			743688	9810300
9.1	Comuna San José	Área con intervención antrópica.	746014	9810463
9.2			746287	9810787
10.1	Ingreso a Cajabamba	Área con intervención antrópica	747105	9811541
10.2			747132	9811583
11.1	Salida de Cajabamba	Área con intervención antrópica.	747766	9812214
11.2			747761	9812287
12.1	Puente de la Cementera	Área con intervención antrópica.	749613	9816232
12.2			749604	9816336

Morfometría.

Los parámetros geomorfológicos que posee esta microcuenca se muestran en la tabla 7, misma que posee información con el fin de comprender los parámetros de forma, relieve y red de drenaje que posee la zona de estudio.

Tabla 7.

Resultados de la Morfometría de la Microcuenca Sicalpa

Nombre	Siglas	Unidades	Valores
Parámetros de forma			
Área	A	km ²	113.22
Perímetro	P	km	50.75
Longitud media	Lc	km	14.55
Ancho medio	B	-	7.78
Longitud del cauce principal	Lc	km	12.23
Parámetros de Relieve			
Índice de compacidad	IC	-	1.34
Factor de forma	Ff	km	0.53
Relación de elongación	Re	-	0.83
Relación de circularidad	Rci	-	0.55
Parámetros de Drenaje			
Cota máxima	H Max	msnm	4377
Cota mínima	H Min	msnm	3117
Pendiente media de la cuenca	Pmc	%	8
Orden de la red hídrica	Or	-	3
Longitud de la red hídrica	Lt	km	55.30
Densidad de drenaje	Dd	Km ⁻¹	0.49
Densidad hidrográfica	Dh	Km ⁻¹	0.26
Pendiente media del cauce principal	Sm	-	4.42
Tiempo de Concentración	Tc	h	3.72

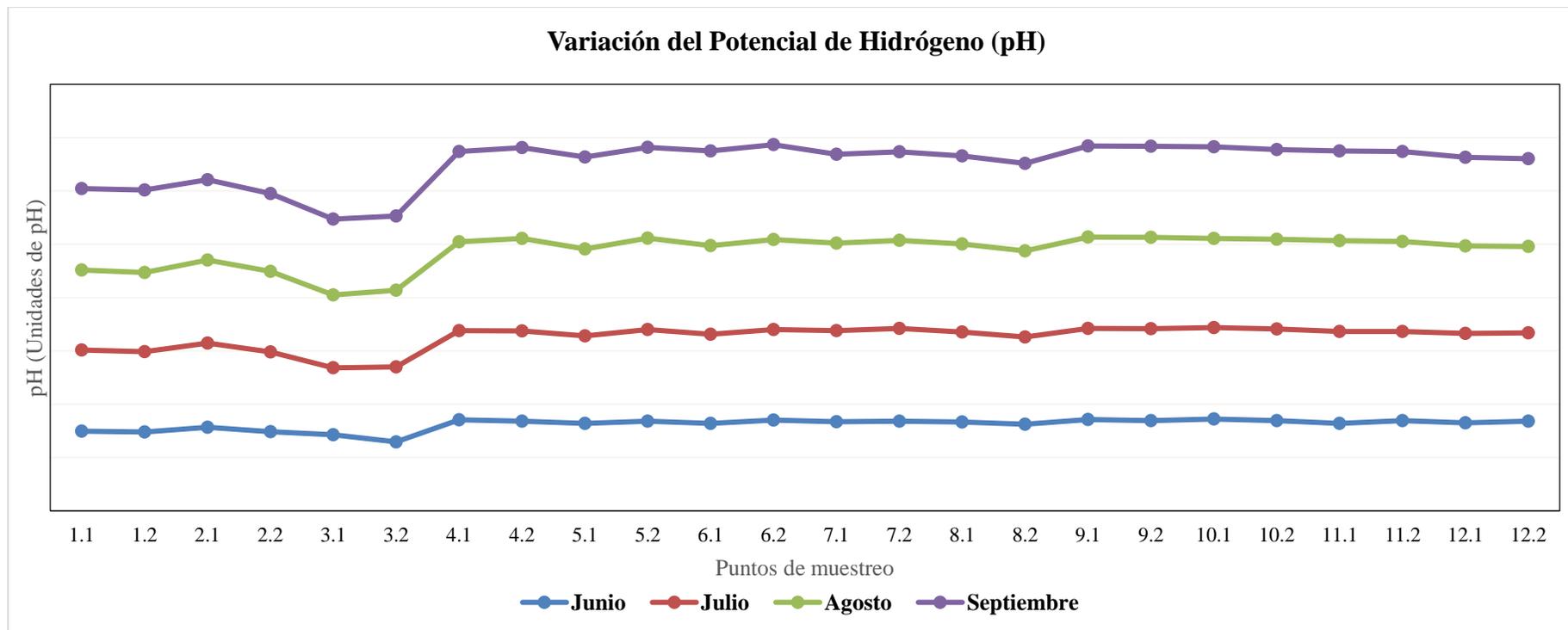
Discusión:

- La microcuenca del Sicalpa posee un área de 113.22 km², reflejando que esta es una microcuenca de tamaño pequeña.
- La longitud media que posee la microcuenca es de 14.55 km, su índice de compacidad es de 1.33 y su factor de forma es de 0.53, lo que nos da a comprender que la microcuenca es ligeramente ensanchada, entre oval redonda y oval oblonga; y que su tiempo de respuesta en cuanto a eventos fuertes de precipitación es bueno.
- La pendiente media de la microcuenca es de 8%, siendo esta una microcuenca con una pendiente mediana, accidentado medio. La relación de elongación es de 0.82; lo que nos dice que la microcuenca es plana y circular, con varias porciones accidentadas, encontrándose estas en la parte alta, donde reside el páramo de Návag en el cantón de Colta.

- Con un tercer orden en cuanto a red hídrica, una longitud de red hídrica de 55.30 km, un tiempo de concentración de 3.72 horas y una densidad de drenaje de 0.48 km^{-1} , la microcuenca Sicalpa según el compendio de parámetros mencionados nos denota que sus aguas son regularmente drenadas.

Parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua en la zona de estudio

Resultados obtenidos del Potencial de Hidrógeno (pH)



Gráfica 2 Variación del Potencial de Hidrógeno (pH)

Nota: El pico máximo de pH se obtuvo en el mes de septiembre. Este fue en el punto de monitoreo 6.2 y tuvo un valor de 8.89 unidades de pH. Por otra parte, el valor mínimo obtenido se dio en el mes de julio, en el punto de monitoreo 3.1 con un valor de 6.27 unidades de pH.

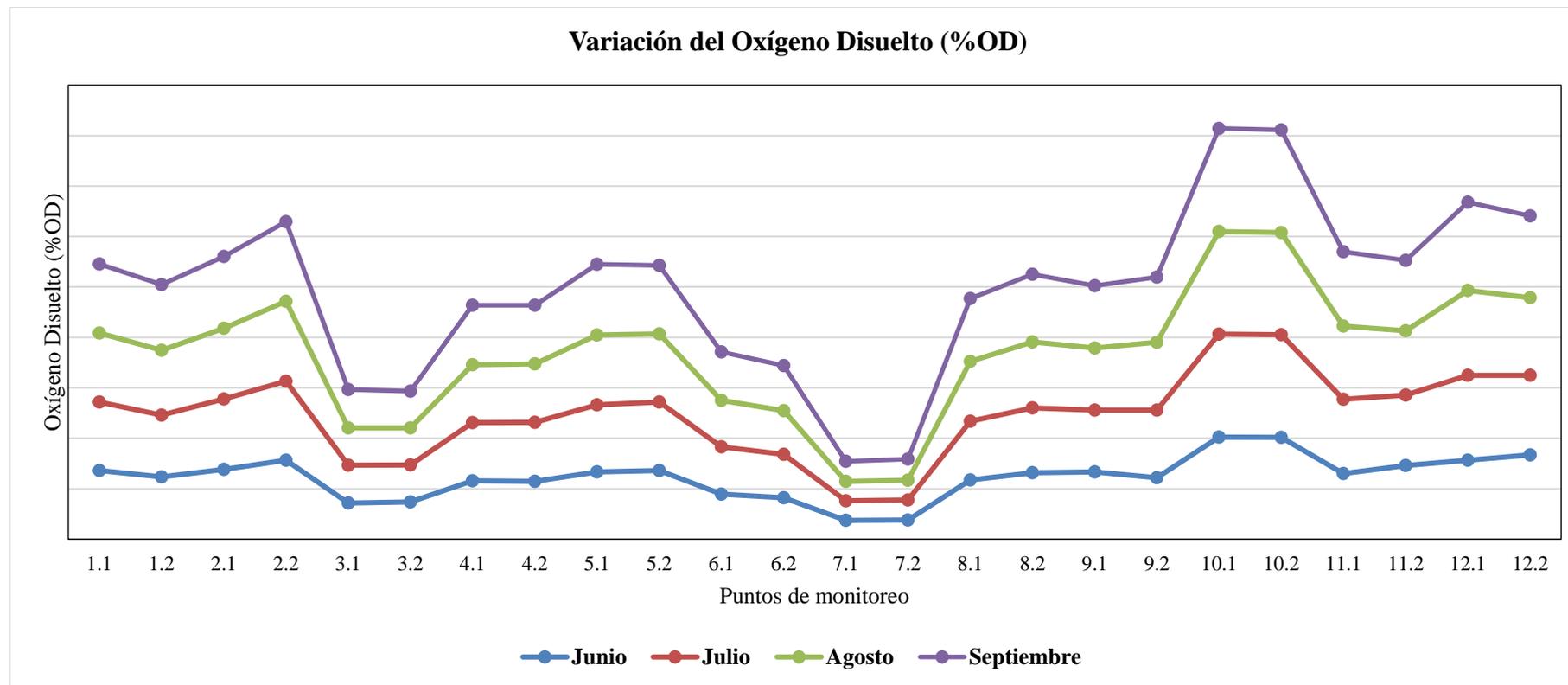
Discusión:

En la gráfica 2 se ve marcada la diferencia entre los valores de pH que se obtuvieron en la microcuenca de la parte alta (puntos de monitoreo: 1, 2, 3 y 4), media y baja. Cabe recalcar que en la parte alta de la microcuenca existe predominio ecosistémico del páramo, mientras en la microcuenca media y baja se ven afectadas por actividades antrópicas.

Los valores de pH para aguas de ríos no contaminados oscilan entre 6,0 y 8,5, y su determinación es importante, puesto que tiene una influencia directa en los sistemas biológicos. Los valores superiores u inferiores a este rango establecen limitaciones en cuanto al desarrollo y a la fisiología de los organismos acuáticos de manera general y en la biota de los humedales de manera particular (Beita & Barahona, 2010).

Los rangos para consumo humano de agua en cuanto a pH establecidos en el Acuerdo Ministerial 61, en el Registro Oficial Suplemento 387, nos dicen que van de 6 a 9 unidades de pH.

Resultados obtenidos del Oxígeno Disuelto (OD)



Gráfica 3 Variación del Oxígeno Disuelto (OD)

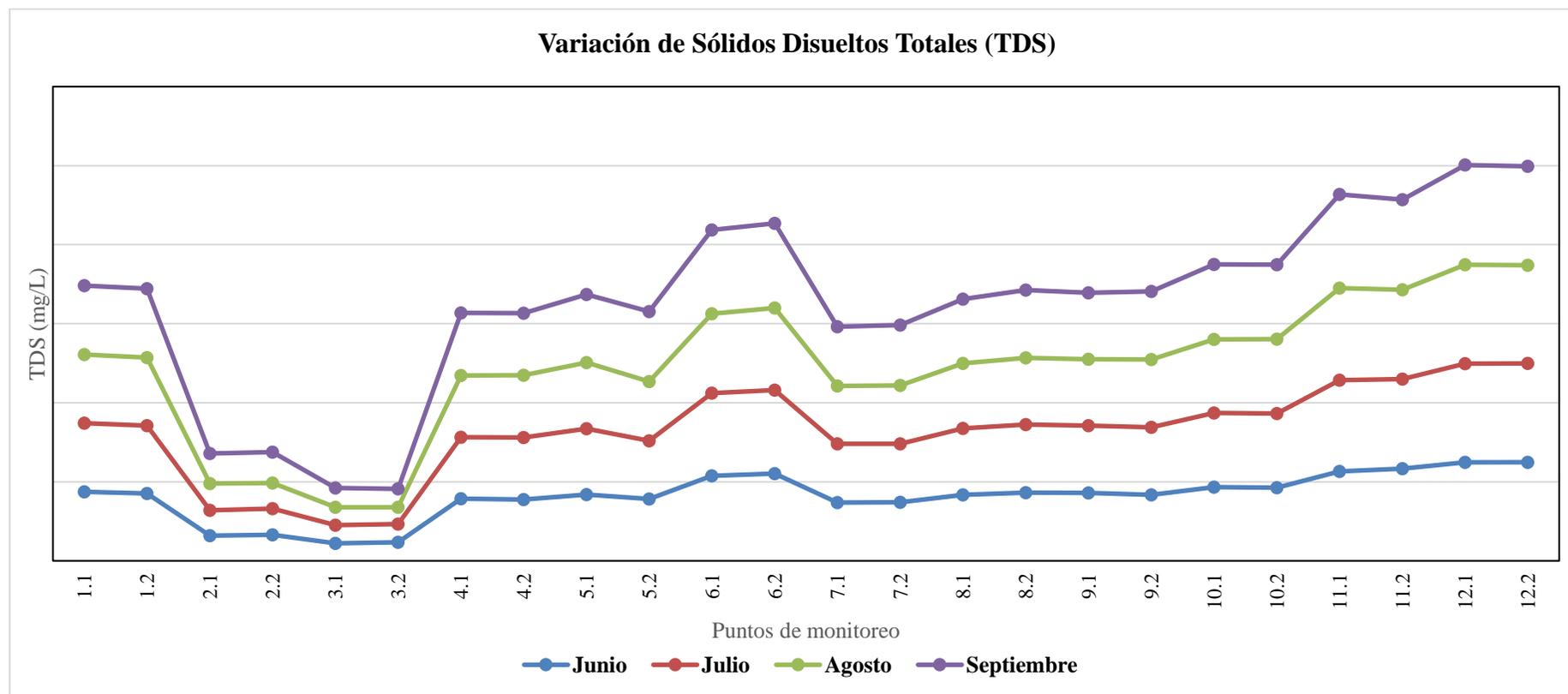
Nota: El pico máximo de Oxígeno Disuelto se obtuvo en el mes de septiembre. Este fue en el punto de monitoreo 10.1 y tuvo un valor de 204.6 % OD. Por otra parte, el valor mínimo obtenido se dio en el mes de junio, en el punto de monitoreo 7.1 con un valor de 37.2% OD.

Discusión:

En la gráfica se plasma la diferencia en cuanto a los valores de oxígeno disuelto, dependiendo estas variaciones de:

- El Oxígeno Disuelto puede ser movido o adicionado al agua por métodos fisicoquímicos o reacciones biológicas. Cuando las concentraciones de Oxígeno Disuelto caen bajo el nivel de saturación, se ve compensado por la transferencia de gas desde la atmósfera por medio de la superficie mientras que, si las concentraciones son más que las de saturación, esta se ve reducida por la transferencia desde la columna de agua al aire. La variación de oxígeno en aguas también depende de su mezcla interna, así como también de la turbulencia debido a los gradientes de velocidad y fluctuaciones, temperatura, pantanos, vientos, cataratas, rápidos y películas superficiales (Beita & Barahona, 2010).
- Otros factores que alteran el nivel de Oxígeno Disuelto son; por mencionar algunos, los días soleados, mismos que producen un aumento de OD en zonas que tienen o son propensas a algas o plantas debido al proceso fotosintético. La turbulencia de la corriente también es considerado como otro factor y puede aumentar el nivel de OD debido a que el aire queda debajo del agua, misma que se mueve a grandes velocidades; provocando que este se disuelva en el agua (Ecofluidos Ingenieros S.A., 2012).
- El valor de %OD para preservar la vida acuática establecido por el Acuerdo Ministerial 61, en el Registro Oficial Suplemento 387 es de 60.
Por los motivos detallados, queda demostrado la influencia de este factor en la presencia de algas excesiva en varias zonas de la microcuenca, específicamente en la microcuenca alta y media.

Resultados obtenidos de Sólidos Disueltos Totales (TDS)



Gráfica 4 Variación de Sólidos Disueltos Totales (TDS)

Nota: El pico máximo de Sólidos Disueltos Totales se obtuvo en el mes de septiembre. Este fue en el punto de monitoreo 12.1 y tuvo un valor de $252.40 \frac{mg}{L}$. Por otra parte, el valor mínimo obtenido se dio en el mes de agosto, en el punto de monitoreo 3.2 con un valor de $42.80 \frac{mg}{L}$.

Discusión:

Debido a las diferentes solubilidades de diferentes minerales, las concentraciones de sólidos disueltos totales en el agua varían considerablemente de unas zonas geológicas a otras (Ecofluidos Ingenieros S.A., 2012).

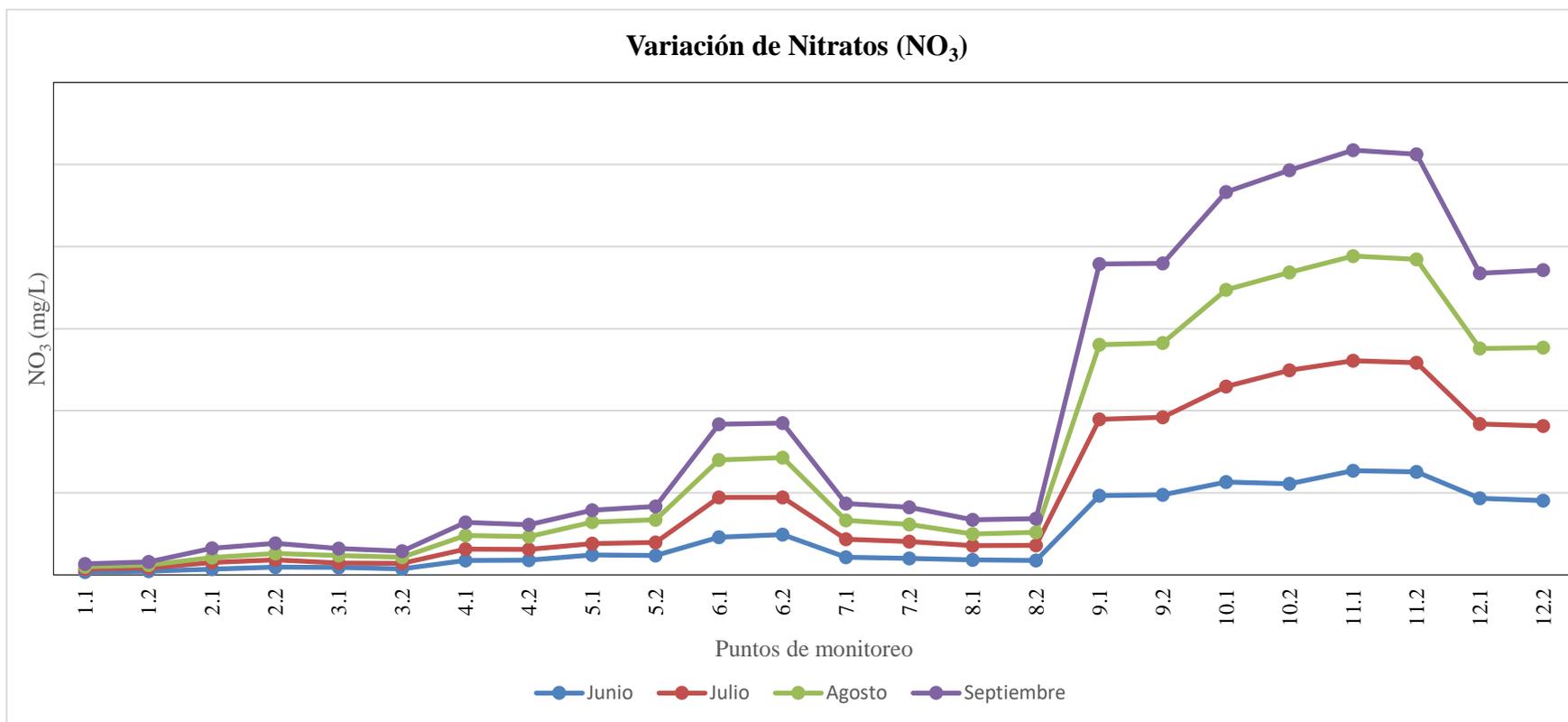
Los TDS están estrechamente relacionados con la pureza que posee el agua, así como también con la calidad de los sistemas que la purifican; afectando a todo ser que: consuma, utilice o viva del agua (Falconí et al., 2017).

Algunos sólidos provienen de fuentes que son orgánicas, como: hojas, plancton, sedimentos; así como también de desechos industriales y aguas residuales. En cambio, otras provienen de la escorrentía de zonas urbanas por acción de los fertilizantes y pesticidas utilizados en césped y granjas (Falconí et al., 2017).

El reglamento de la secundaria EPA y el Acuerdo Ministerial 61, en el Registro Oficial Suplemento 387 establecen un nivel de consumo humano en cuanto a TDS por debajo de los $500 \frac{mg}{L}$. Si los TDS superan los $1000 \frac{mg}{L}$, se consideran esas aguas como no aptas para consumo humano. Este nivel alto puede ser ocasionado por la presencia de iones de potasio, cloruros y sodio que a corto plazo no poseen ningún efecto adverso, pero también pueden encontrarse trazas de iones tóxicos como plomo, cadmio, nitratos; entre otros, que en un futuro podrían generar problemáticas en cuanto a la calidad del agua y medio ecosistémico (Falconí et al., 2017).

Por tales motivos, en la microcuenca Sicalpa, en cuanto a TDS, la calidad de agua sí se encuentra apta para consumo humano en todos los puntos de monitoreo.

Resultados obtenidos de Nitratos (NO₃)



Gráfica 5 Variación de Nitratos (NO₃)

Nota: El pico máximo de Nitratos se obtuvo en el mes de julio. Este fue en el punto de monitoreo 10.2 y tuvo un valor de $27.7 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$. Por otra parte, el valor mínimo obtenido se dio en el mes de agosto, en el punto de monitoreo 1.1 con un valor de $0.60 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$.

Discusión:

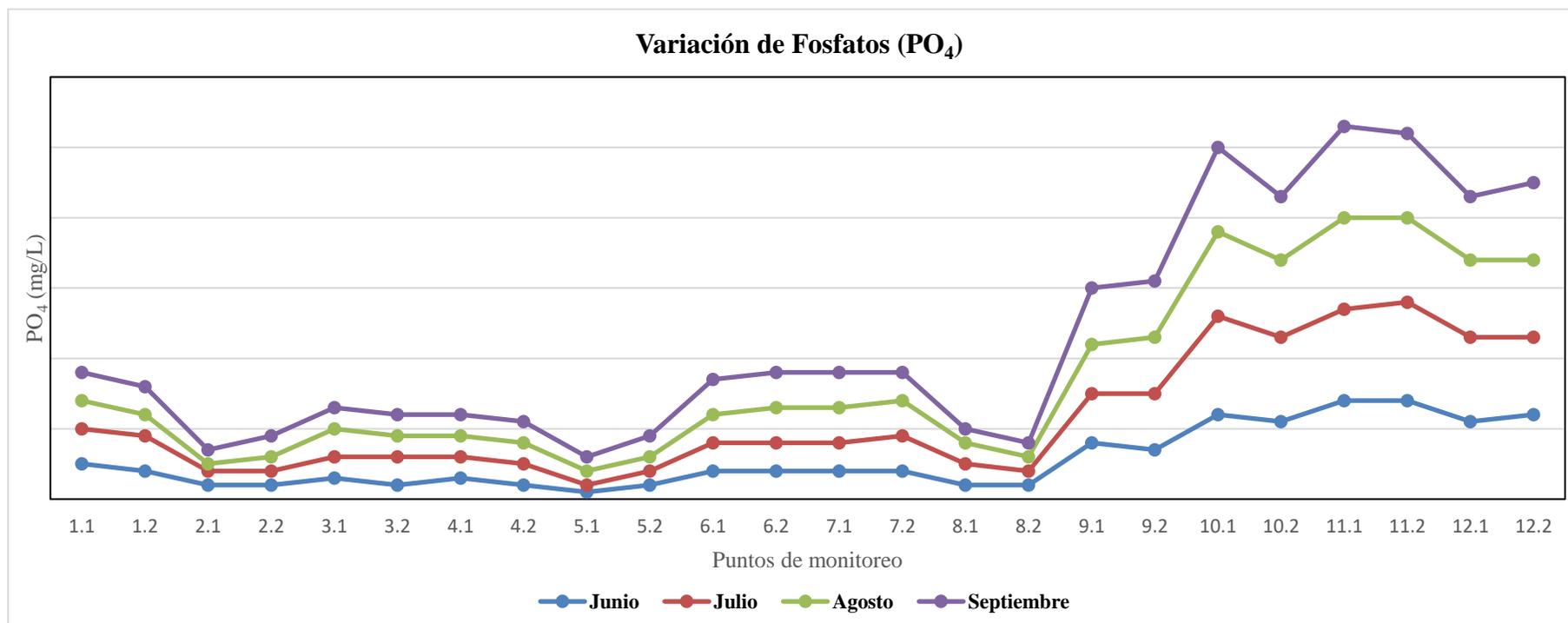
En la gráfica se ve demarcada la influencia que tienen los vertidos de la población en el incremento de progresivo de este parámetro, pues en el punto 6.1 y 6.2 están distribuidos en las comunas: Santa Isabel Pabell y Santa Rosa aportan a que la calidad de agua en este punto disminuya. Mismo caso se ve reflejado aguas abajo, en la microcuenca baja, entre los puntos 9.1 hasta el 12.2, pues aquí es la zona urbanizada de Cajabamba, teniendo gran influencia antrópica, por ende, este parámetro se ve afectado significativamente.

El punto de partida de esta problemática es atribuido a la agricultura, ganadería y en menor proporción a los vertidos líquidos urbanos; mismos que son una fuente de compuestos nitrogenados y sus consecuencias resultan más localizadas entorno a los puntos de vertido (Ministerio de Medio Ambiente de España, 2000).

La concentración de nitrato tanto en aguas subterráneas como superficiales suele ser baja, pero podría llegar a ser alta por acción de infiltración o la escorrentía de tierras agrícolas y debido a la contaminación por desechos humanos o animales como consecuencia de la oxidación del amoníaco y fuentes similares (Ecofluidos Ingenieros S.A., 2012).

El nivel de nitratos para consumo humano y uso doméstico establecido por el Acuerdo Ministerial 61, en el Registro Oficial Suplemento 387 es de $50 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$.

Resultados obtenidos de Fosfatos (PO₄)



Gráfica 6 Variación de Fosfatos (PO₄)

Nota: El pico máximo de Fosfatos se obtuvo en los meses de junio y julio. Los puntos de monitoreo fueron: 10.1, 11.1, y 11.2 y tuvieron el valor de $1.4 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$. Por otra parte, el valor mínimo obtenido se dio en los meses de junio, julio y agosto, en los puntos de monitoreo: 2.1 y 5.1 con un valor de $0.10 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$.

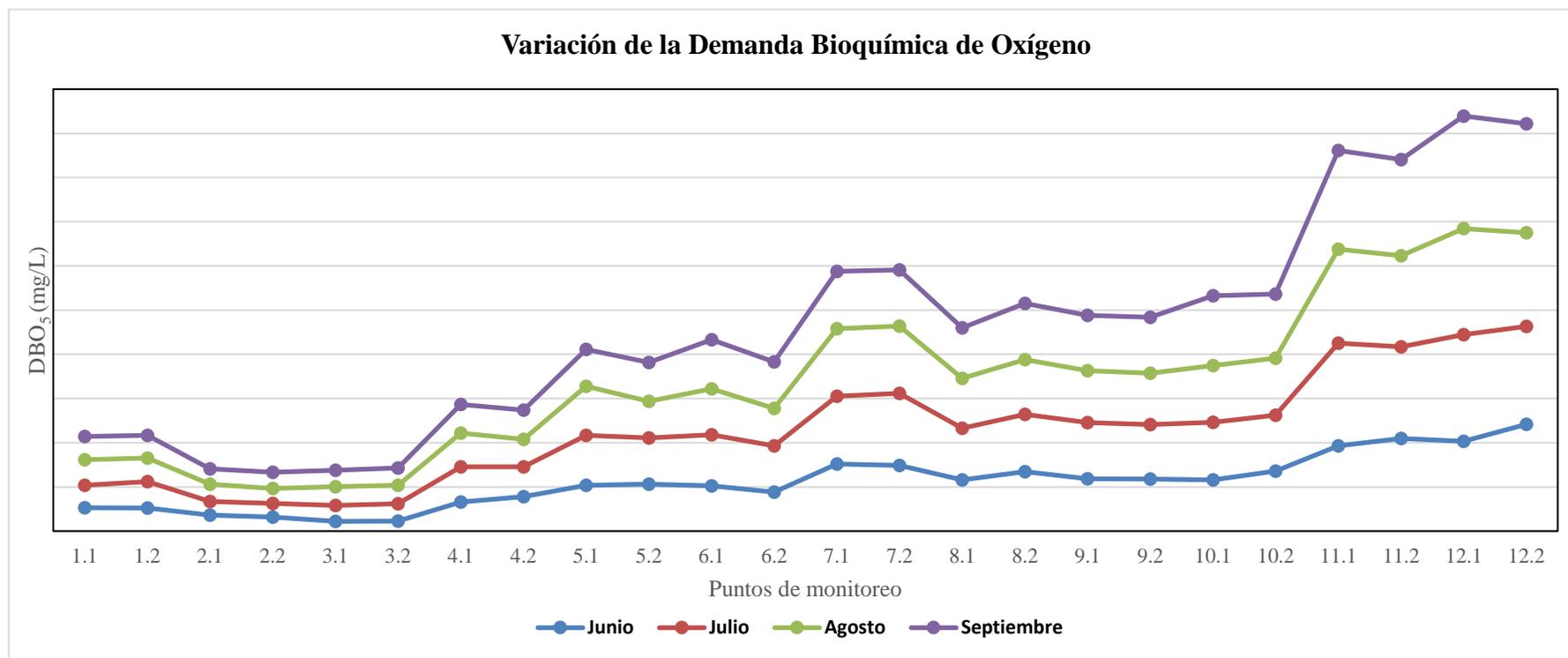
Discusión:

Los fosfatos (ortofosfatos, fosfatos condensados y fosfatos enlazados orgánicamente) (Iqbal et al., 2006; Beita & Barahona, 2010) en aguas frescas sin contaminación se encuentran en bajas concentraciones. Los ortofosfatos y los fosfatos condensados vienen del uso de fertilizantes en suelos para cultivos agrícolas. Los fosfatos orgánicos son formados por procesos biológicos. Por otra parte, las formas inorgánicas del fósforo son fosfatos enlazados a hierro y calcio (Aminot & Andrieux, 1996; Beita & Barahona, 2010).

El ion fosfato de manera general forma sales poco solubles y precipita fácilmente como fosfato cálcico. Ya que proviene de un ácido débil contribuye a la alcalinidad del agua y no suele existir más de 1 ppm en la misma, salvo en los casos de existir contaminación por fertilizantes fosfatados (Ecofluidos Ingenieros S.A., 2012).

A partir del punto 10.1 hasta el punto 12.2 se evidencia problemática en cuanto a fosfatos, esto debido a las actividades antrópicas que se desarrollan en la microcuenca media y baja; resaltando así lo mencionado en el PDOT del GADM de Colta, como lo son las actividades agrícolas, el uso de fertilizantes y el vertido de aguas residuales a los cuerpos de agua sin previo tratamiento ni control.

Resultados obtenidos de la Demanda Bioquímica de Oxígeno



Gráfica 7 Variación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

Nota: El pico máximo de DBO₅ se obtuvo en el mes de septiembre. Este fue en el punto de monitoreo 12.1 y tuvo un valor de $12.74 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$. Por otra parte, el valor mínimo obtenido se dio en el mes de junio, en el punto de monitoreo 3.1 con un valor de $1.11 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$.

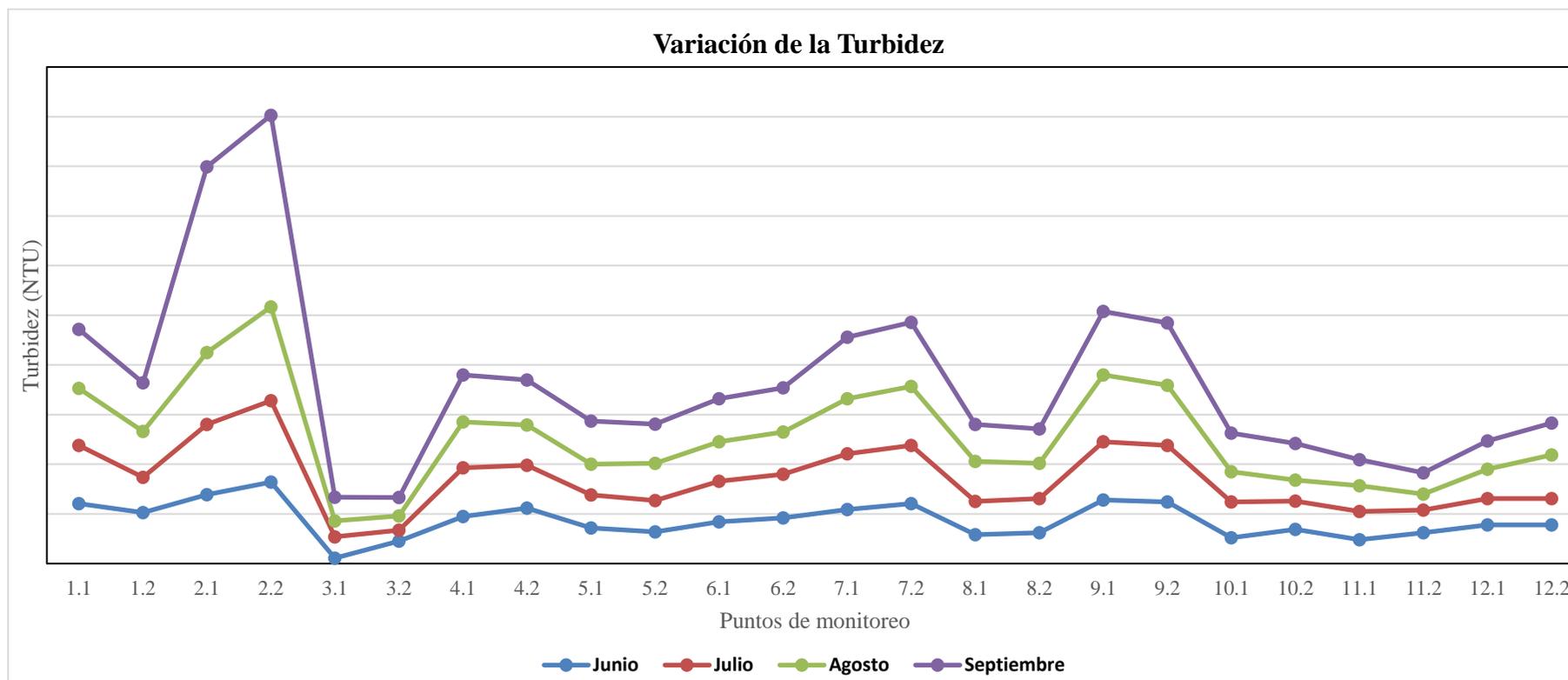
Discusión:

Este parámetro es un buen indicador de contaminación orgánica que nos permite medir directamente la influencia de los vertidos urbanos sobre los cuerpos de agua superficiales. Los valores de la DBO₅ superiores a 10 mg/l son representativos de aguas muy contaminadas mientras que los valores que no superen los 3 mg/l pueden considerarse con una contaminación débil (Ministerio de Medio Ambiente de España, 2000).

El valor de DBO₅ establecido por el Acuerdo Ministerial 61, en el Registro Oficial Suplemento 387 para aguas aptas para consumo humano es de $2 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$.

Como se aprecia en la gráfica, las zonas medias y bajas; desde el punto 4.1 hasta el punto 12.2, poseen valores superiores a $3 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$, demostrando que se cumple lo antes mencionado. Por otra parte, en las zonas altas que corresponden el páramo de Návag y que van desde el punto 1.1 hasta el punto 3.2 poseen valores inferiores a lo dispuesto, no teniendo así problemáticas mayores en cuanto a este parámetro.

Resultados obtenidos de la Turbidez



Gráfica 8 Variación de la Turbidez

Nota. El pico máximo de turbidez se obtuvo en el mes de septiembre. Este fue en el punto de monitoreo 2.2 y tuvo un valor de 3.86 NTU. Por otra parte, el valor mínimo obtenido se dio en el mes de junio, en el punto de monitoreo 3.1 con un valor de 0.11 NTU.

Discusión:

Existen varias causas que producen la turbidez teniendo así:

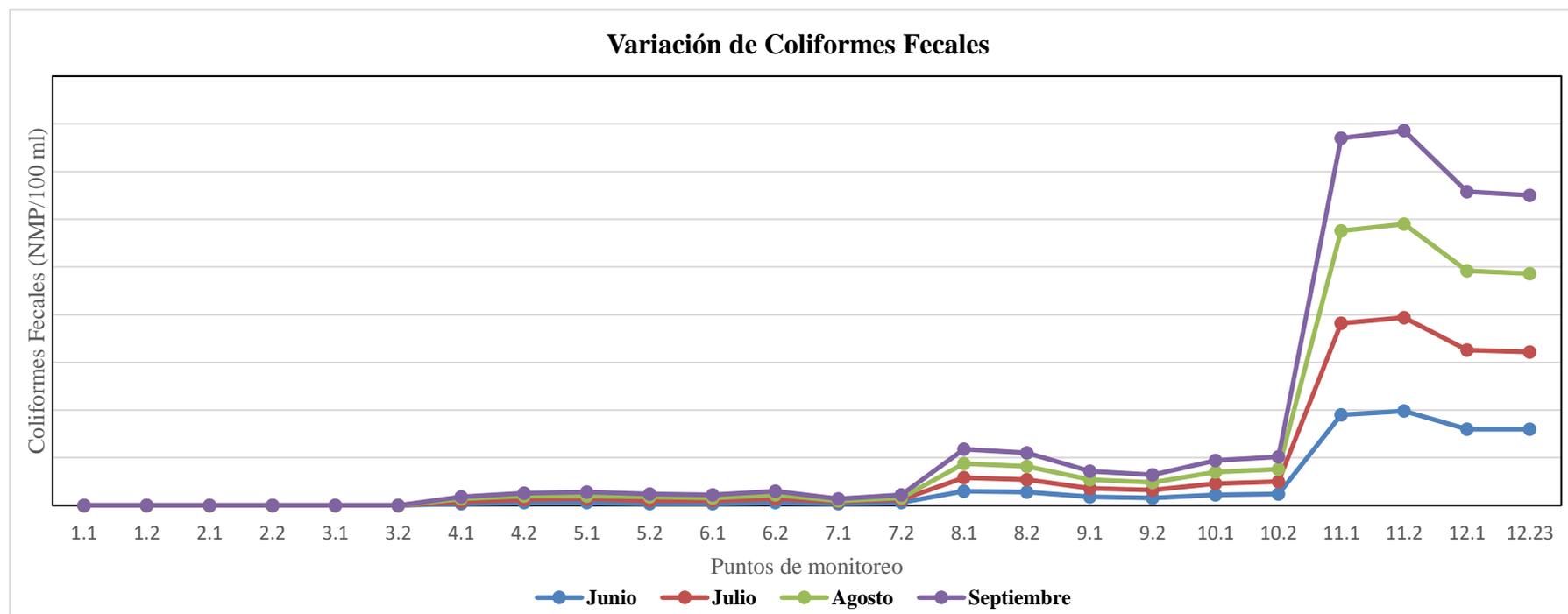
La turbiedad puede variar también debido a la fuente de luz y el método utilizado para su medición, así como también por acción de las propiedades de absorción de luz que posee el material suspendido (Petro & Wees, 2014).

La erosión natural aporta con sedimentos que dan lugar a turbidez en el agua, todo esto debido a las lluvias, flujo del agua y composición del suelo (Vidart et al., 2022).

El entorno es otro factor que incide directamente, pues las actividades antrópicas de una u otra forma inciden sobre el medio natural, destacándose aquí: urbanizaciones, zonas industriales, agricultura, sitios de construcción (Vidart et al., 2022).

Por lo antes mencionado, cabe destacar que, en algunos días para el muestreo de aguas, las condiciones climáticas, especialmente en las zonas altas, eran adversas, con la presencia de lluvias y vientos, por tal motivo se ve reflejado ese pico 2.1 y 2.2 respectivamente, comprobando con la práctica que se cumple lo estipulado por los autores descritos.

Resultados obtenidos de Coliformes Fecales



Gráfica 9 Variación de Coliformes Fecales

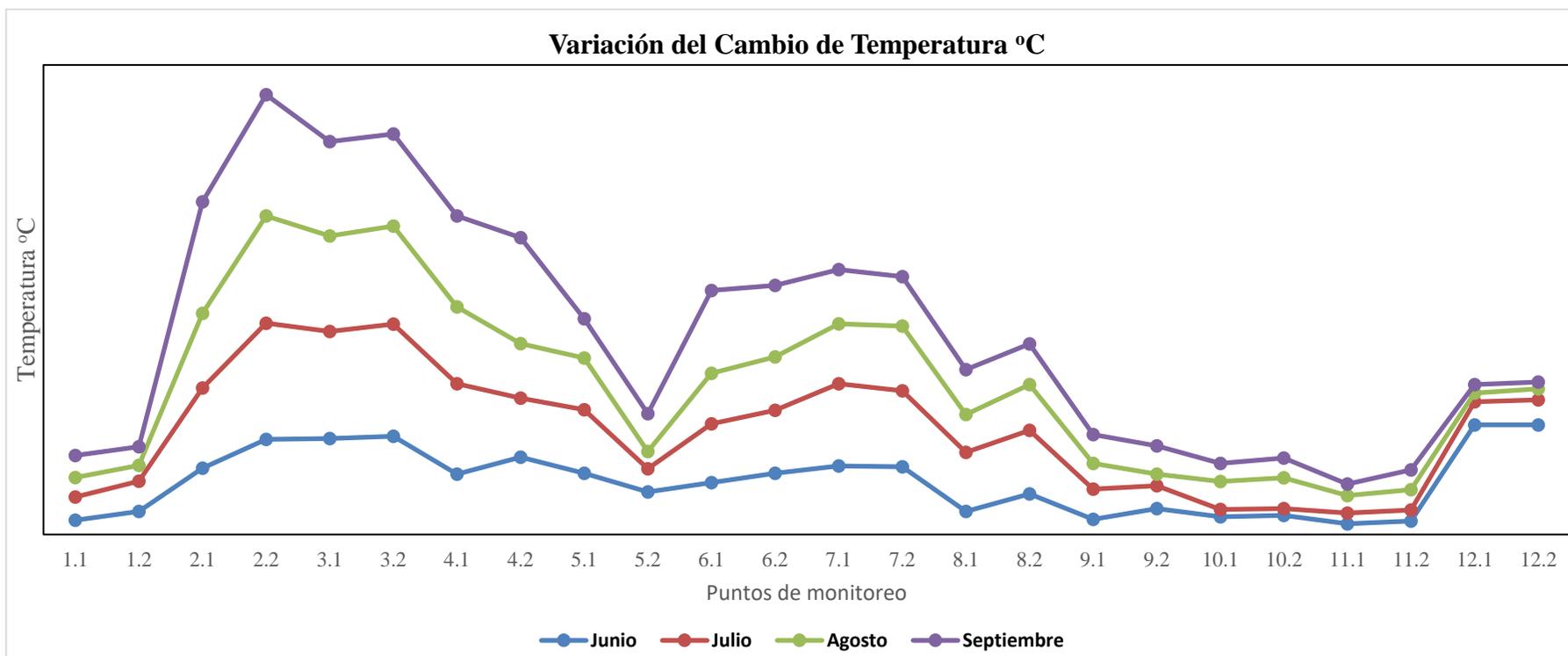
Nota: El pico máximo de Coliformes Fecales se obtuvo en el mes de junio. Este fue en el punto de monitoreo 11.2 y tuvo un valor de 9900 NMP/100 ml. Por otra parte, el valor mínimo obtenido se dio durante todos los meses, en los puntos de monitoreo: 1.1, 1.2, 2.1, 2.2, 3.1, 3.2; debido a que estos puntos se encuentran en la microcuenca alta, alejados de zonas pobladas, sin intervención antrópica y aquí se obtuvo el valor de 1 NMP/100 ml.

Discusión:

Cabe destacar que el solo hecho de que existan estos microorganismos en el agua resulta un indicador cualitativo de contaminación, por lo que aun teniendo las aguas un nivel bajo de coliformes son consideradas contaminadas, teniendo en cuenta que, si aumenta la presencia de estos patógenos en el agua, incrementa también la posibilidad de que el agua posea algún microorganismo patógeno (Ecofluidos Ingenieros S.A., 2012).

El límite máximo permisible establecido por el Acuerdo Ministerial 61, en el Registro Oficial Suplemento 387 para aguas de consumo humano es de 1000 NMP/100 ml.

Resultados obtenidos del Cambio de Temperatura



Gráfica 10 Variación del Cambio de Temperatura

Nota. El pico máximo obtenido del Cambio de Temperatura se obtuvo en el mes de septiembre. Este fue en el punto de monitoreo 2.2 y tuvo un valor de 4.65 °C. Por otra parte, el valor mínimo obtenido se dio en los meses de julio y septiembre, en los puntos de monitoreo 10.2 y 12.2 con un valor de 0.26 °C.

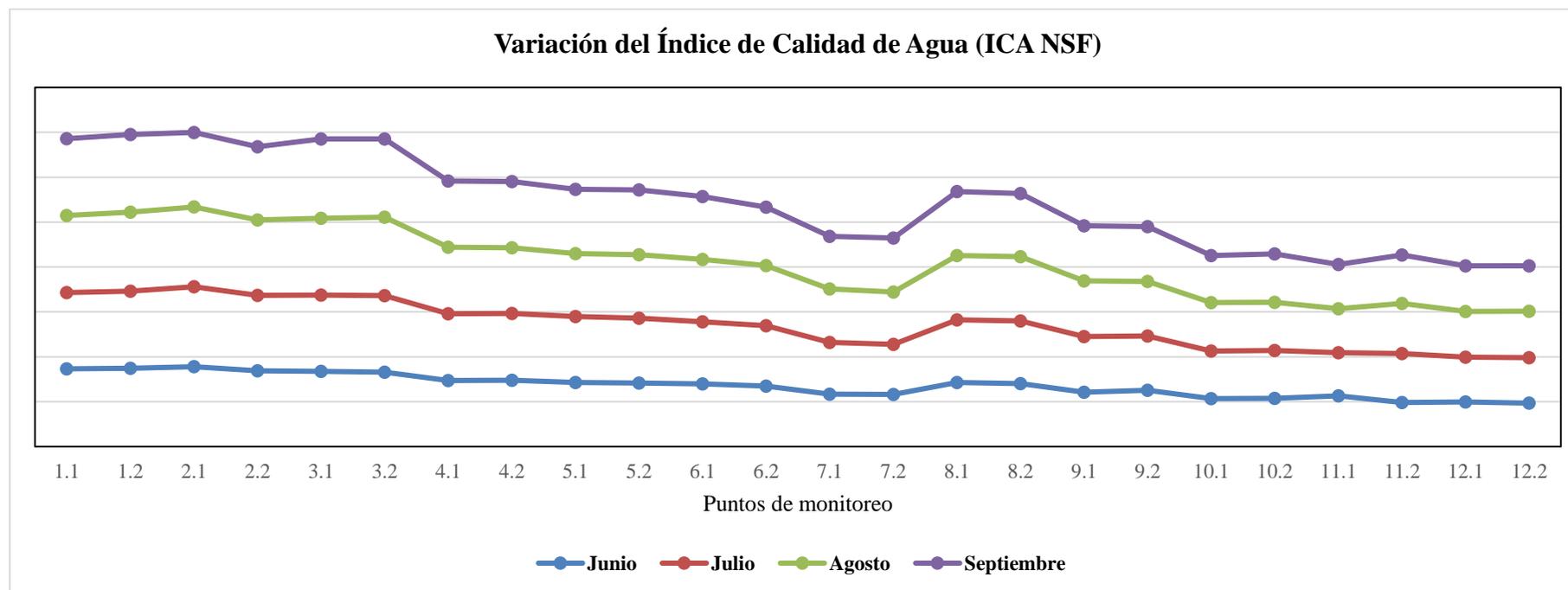
Discusión:

El cambio de temperatura del agua depende de la variación del día y la noche y estación anual. Por lo general, con el aumento de la temperatura, se registra una disminución en cuanto a la cantidad de oxígeno en el agua, aumentando la proliferación de microorganismos patógenos y destruyendo el ecosistema acuático (Zouiten, 2012; Cárdenas, 2020).

El aumento de 2 °C en la temperatura de aguas superficiales logra afectar la tasa de crecimiento de todas las especies de fitoplancton e incentiva un incremento en las tasas de crecimiento de cianobacterias, lo que produce las floraciones de brotes (Izurieta et al., 2019).

Como podemos apreciar en la gráfica, en los puntos 2.1, 2.2, 3.1, 3.2, 4.1, y 4.2 existe un incremento considerable de temperatura en comparación de los otros puntos muestreados, suponiéndose una problemática; además de que en estos puntos en específico existían algas, como se verán plasmadas en los anexos.

Calidad de agua de la microcuenca Sicalpa mediante ICA



Gráfica 11 Variación del Índice de Calidad de Agua (ICA-NSF)

Nota. El ICA más bajo registrado se dio en la microcuenca baja, en el mes de julio; en el punto 11.1 con 48.25, siendo este según el ICA de mala calidad. Un punto intermedio se dio en la microcuenca media en el mes de junio, en el punto 6.1 con un valor de 69.92, siendo este según el ICA, de regular calidad. Por consiguiente, en la microcuenca alta, en el punto de monitoreo 2.1, con un valor de 89.01, establece el ICA que en este punto la calidad es buena.

Discusión:

El Índice de Calidad de Agua va disminuyendo conforme el recorrido de los cuerpos de agua superficiales atraviesan por los lugares en donde existen ya asentamientos humanos o producción agrícola y ganadera, teniendo así:

En un principio, en el páramo, el ICA es Bueno entre los puntos de monitoreo: 1.1, 1.2, 2.1, 2.2, 3.1, y 3.2; pues los factores físicos que son perceptibles a simple vista nos permitían ya tener una visión clara de que ahí no existía intervención antrópica, no sólo por la accesibilidad a las fuentes de agua, sino también por el paisaje, los pajonales y algunos animales silvestres como aves y conejos salvajes.

Por otra parte, ya en la microcuenca media, en los puntos de monitoreo: 4.1, 4.2, 5.1, 5.2, 6.1, 6.2, 7.1, 7.2, 8.1, 8.2, 9.1 y 9.2 se podía apreciar varios sembríos de papa y cebada, además de varias casas en las riberas de los ríos que no cuentan con alcantarillado como se mencionó en el (GADMC, 2014) y sus vertidos van a parar a los cuerpos de agua más cercanos, provocando que en estos puntos el ICA se encuentre entre Regular y Bueno.

Para finalizar, Cajabamba, el centro Urbano no posee una planta de captación y tratamiento de aguas residuales, por lo que todas las aguas negras van a parar al río Cajabamba, teniendo así los valores altos en los parámetros antes descritos en los puntos 10.1, 10.2, 11.1, 11.2, 12.1, y 12.2, pues la capacidad depuradora natural del río no puede con tantos contaminantes a la vez, teniendo un ICA entre Malo y Regular para estos puntos.

CAPÍTULO V

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones:

- En la zona de estudio fueron ubicados 12 puntos, mismos que fueron determinados mediante las características de la zona, la cual tuvo como predominio zonas con intervención antrópica en la microcuenca baja, en el sector de Cajabamba y zonas sin intervención antrópica en el páramo de Návag. La microcuenca de Sicalpa de acuerdo con los datos obtenidos es ligeramente ensanchada con buena respuesta a eventos fuertes de precipitación, siendo una microcuenca plana con porciones accidentadas, observándose esto en la parte alta del páramo de Návag y en los cerros Llullucha y Puyay.
- Los parámetros físicos, químicos y microbiológicos se ven afectados conforme las actividades antrópicas inciden sobre los cuerpos de agua superficiales. Tal es el caso de coliformes fecales, fosfatos y nitratos.
- El Índice de Calidad del Agua (ICA) durante los cuatro meses estudiados de manera general tuvo un resultado en cuanto a calidad de “regular”, con valores de: junio; 68.07, julio; 67.90, agosto; 68.42 y septiembre 68.01, teniendo como influencia directa las actividades antrópicas que se ven reflejadas a partir de la microcuenca media y baja.
- La variación de temperatura, concentraciones altas de oxígeno disuelto y nitratos hacen que la microcuenca Sicalpa sea propensa y presente una proliferación de algas, especialmente en la parte alta y media; teniéndose esta problemática en los cuatro meses de estudio.

Recomendaciones

- Se recomienda el uso frecuente de herramientas de Teledetección Espacial, así como también de Sistemas de Información Geográfica y Google Earth; ya que estas facilitan el desarrollo de este tipo de investigaciones. De igual manera, el reconocimiento de la zona de estudio y la planificación de las visitas de campo para la recolección de datos se ven favorecidas gracias al uso correcto de dichas aplicaciones.
- Resulta primordial que las muestras de agua sean almacenadas a una temperatura adecuada luego de su recolección para que estas se preserven y no sufran alteraciones por la variación de temperatura. De igual manera siempre antes de utilizar los equipos, tomar las precauciones necesarias; como revisar que el equipo este calibrado para poder realizar el procedimiento experimental idóneo y no tener errores.
- Los parámetros: temperatura, oxígeno disuelto y pH deben ser analizados en campo a través del multiparámetro u otros equipos, pues se evita así una variación en

cuanto a los resultados obtenidos debido a los cambios que puede sufrir el agua en el traslado desde el punto de recolección hacia el centro de análisis de las aguas.

Bibliografía

- APHA, AWWA, & WPCF. (1992). Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. In S. A. Ediciones Díaz de Santos (Ed.), *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales* (17th ed.).
<https://es.scribd.com/doc/34123421/Metodos-Normalizados-Analisis-Agua>
- Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua, Pub. L. No. 0, Constitución de la República 43 (2014). www.lexis.com.ec
- Beita, W., & Barahona, M. (2010). Físico-química de las aguas superficiales de la Cuenca del río Rincón, Península de Osa, Costa Rica. *UNED*, 2(2), 157–179.
<https://www.redalyc.org/pdf/5156/515651982004.pdf>
- Bolaños John, Cordero Gloriana, & Segura Gloriana. (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). *SCielo*, 30(4), 15–27. <https://doi.org/10.18845/tm.v30i4.3408>
- Brieva, C. (2018). *Caracterización de Cuencas* (No. 1).
https://inta.gob.ar/sites/default/files/caracterizacion_de_cuencas_0.pdf
- Cabello, C., & Hervás, E. (2001). Contaminación de las aguas por nitratos y efectos sobre la salud. In Consejería de Salud (Ed.), *Manuales de Salud Ambiental 3* (3rd ed.).
www.mmptriana.com
- Caho, C., & López, E. (2017). Determinación del Índice de Calidad de Agua para el sector occidental del humedal Torca-Guaymaral empleando las metodologías UWQI y CWQI 1. *P+L*, 12(2), 35–49. <https://doi.org/10.22507/pml.v12n2a3>
- Calderón, C., & Orellana, V. (2015). *Control de calidad del agua potable que se distribuye en los campus: central, hospitalidad, balzay, paraíso, yanuncay y las granjas de irquis y romeral pertenecientes a la universidad de Cuenca*. [Universidad de Cuenca].
<https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/22285/1/Tesis.pdf>
- Cárdenas, P. (2020). *Evaluación de la calidad del agua en la microcuenca hidrográfica del río Tutanangoza mediante análisis físicoquímicos, microbiológicos y la aplicación del ICA-NSF* [Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca].
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19608/1/UPS-CT008912.pdf>
- Carrillo, E., & Lozano, A. (2008). *Validación del método de detección de coliformes*

totales y fecales en agua potable utilizando agar Chromocult [Pontificia Universidad Javeriana].

<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8205/tesis203.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Cedeño, D. (2016). *Evaluación de la calidad de agua potable mediante el índice de calidad de agua (ICA), del recinto Chiritza, parroquia Pacayacu, provincia de Sucumbíos* [Universidad Nacional de Loja].

[https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/14987/1/Diana Magdalena Cede%25c3%25b1o Zambrano.pdf](https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/14987/1/Diana%20Magdalena%20Cede%25c3%25b1o%20Zambrano.pdf)

Díaz, C., Mamadou Bâ, K., Iturbe, A., Estreller, M., & Reyna, F. (1999). Estimación de las características fisiográficas de una cuenca con la ayuda de SIG y MEDT: caso del curso alto del río Lerma, Estado de México. *Ciencia Ergo Sum*, 6(2), 124–134.

<https://www.redalyc.org/pdf/104/10401504.pdf>

Duque, P., Heras, C., Lojano, D., & Vilorio, T. (2018). Modelamiento del tratamiento biológico de aguas residuales; estudio en planta piloto de contactores biológicos rotatorios. *Revista Ciencia UNEMI*, 11(28), 88–96.

<https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol11iss28.2018pp88-96p>

Ecofluidos Ingenieros S.A. (2012). *Estudio de la calidad de fuentes utilizadas para consumo humano y plan de mitigación por contaminación por uso doméstico y agroquímicos en Apurímac y Cusco*.

<https://www1.paho.org/per/images/stories/PyP/PER37/15.pdf>

Falconí, E., Sáenz, D., Velásquez, M., Azáldegui, A., & Oscar, B. (2017). Riesgos del uso de detergentes domésticos en la calidad del agua en poblaciones en transición de lo rural a lo urbano: Churín 2017. *Alternativa Financiera*, 9(1), 1–19.

<https://www.aulavirtualusmp.pe/ojs/index.php/AF/article/view/1763>

Fernández, E. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Cañi 2015-2020*.

Fernández, N., Ramírez, A., & Solano, F. (2003). Índices fisicoquímicos de calidad del agua Un estudio comparativo. *Conferencia Internacional*, 211–219.

Fernández, N., & Ramos, G. (2004). Icatest V 1.0 una herramienta informática para el análisis y valoración de la calidad del agua. *ResearchGate*, 2(2), 88–97.

<https://www.researchgate.net/publication/28186248>

- GADMC. (2014). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2014-2030. In *Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Colta*. https://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0660000520001_PDOT_COLTA_2014_15-03-2015_19-11-32.pdf
- García-González, J., Osorio-Ortega, M. A., Saquicela-Rojas, R. A., & Cadme, M. L. (2021). Determinación del índice de calidad del agua en ríos de Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. *Ingeniería Del Agua*, 25(2), 115. <https://doi.org/10.4995/ia.2021.13921>
- Gualdrón, L. (2016). Evaluación de la calidad de agua de ríos de Colombia usando parámetros físicoquímicos y biológicos [Universidad Libre Colombia]. In *Dinámica Ambiental*. https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/20335/CD_EGA_2016_0006_Trabajo_de_grado.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Hurtado, W., & Jiménez, P. (2021). *Morfometría, Hidrología e Hidrometría de la cuenca Urcuahuaycu y propuesta de recuperación*. [Universidad de las Fuerzas Armadas]. <http://192.188.58.70/bitstream/21000/26077/1/T-ESPE-044816.pdf>
- Norma Técnica Ecuatoriana 1202, Pub. L. No. 1202, Instituto Ecuatoriano de Normalización 11 (2013).
- Izurieta, C., Campaña, A., Calles, J., Estévez, E., & Ochoa, T. (2019). Calidad del agua en las Américas Riesgos y Oportunidades. In *Calidad del agua en Ecuador* (pp. 284–306). <https://www.researchgate.net/publication/335686525>
- Khatri, N., & Tyagi, S. (2015). Influences of natural and anthropogenic factors on surface and groundwater quality in rural and urban areas. *Frontiers in Life Science*, 8(1), 23–39. <https://doi.org/10.1080/21553769.2014.933716>
- Landero, S. (2019). *Evaluación de la calidad del agua de la laguna la pólvora en Villahermosa, Tabasco* [Instituto Tecnológico de Villa Hermosa]. www.itvillahermosa.edu.mx
- Leandro, M., Azario, R., Metzler, R., & García, M. del C. (2004). La turbidez como indicador básico de calidad de aguas potabilizadas a partir de fuentes superficiales. Propuestas a propósito del estudio del sistema de potabilización y distribución en la ciudad de Concepción del Uruguay (Entre Ríos, Argentina). *Higiene y Sanidad Ambiental*, 4(2004), 72–82.

- [https://saludpublica.ugr.es/sites/dpto/spublica/public/inline-files/bc510156890491c_Hig.Sanid_.Ambient.4.72-82\(2004\).pdf](https://saludpublica.ugr.es/sites/dpto/spublica/public/inline-files/bc510156890491c_Hig.Sanid_.Ambient.4.72-82(2004).pdf)
- López, K. (2019). Determinación del Índice de calidad del agua en la Laguna de Colta mediante la valoración de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos [Universidad Central del Ecuador]. In *Repositorio Digital*.
<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/18202/1/T-UCE-0012-FIG-097.pdf>
- Ministerio de Medio Ambiente de España. (2000). *Libro blanco del agua en España* (Centro de Publicaciones, Secretaría general Técnica, & Ministerio de Medio Ambiente (eds.); 1st ed.). <https://faolex.fao.org/docs/pdf/spa192539.pdf>
- Montoya, C., Loaiza, D., Torres, P., Camilo, C., & Escobar, J. (2011). Efecto del incremento en la turbiedad del agua cruda sobre la eficiencia de procesos convencionales de potabilización. *Revista EIA*, 16, 137–148.
- Ortiz L, M. C., & Ríos de S, M. (2006). Comparación de los métodos Petrifilm™ coliformes y Número Más Probable (NMP) para la determinación de coliformes fecales en muestras de queso blanco. *Revista Del Instituto Nacional de Higiene Rafael Rangel*, 37(2), 15–18. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-04772006000200003&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Petro, A., & Wees, T. (2014). *Evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua del municipio de Turbaco-Bolívar, Caribe Colombiano* [Universidad Tecnológica de Bolívar]. <https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0067155.pdf>
- Robalino, M. (2019). *Desarrollo de un indicador de calidad de agua que integre ABI-U E ICA*. [Universidad Nacional de Chimborazo].
<http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/6137/1/TRABAJO DE TITULACION.pdf>
- Ruiz, K. (2018). *Validación de Métodos de ensayo para determinación de pH, Conductividad, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendidos y Sólidos Disueltos en aguas en el Laboratorio Ambiental Environovalab*. [Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/15362/1/T-UCE-0017-0095-2018.pdf>
- Ruíz, M. (2021). Usos del recurso hídrico y su influencia en las formas de vida. In *Repositorio Digital*. UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA.
- Samaniego, G. (2019). *Análisis de la calidad de agua de la microcuenca del río Alcacay*

- como herramienta de gestión de los recursos hídricos [Universidad de Cuenca].
<https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/32280/1/Trabajo de titulaci%25C3%25B3n.pdf>
- Severiche, C., Castillo, M., & Acevedo, R. (2013). *Manual de Métodos Analíticos para la Determinación de Parámetros Fisicoquímicos Básicos en Aguas*. Fundación Universitaria Andaluza Inca Garcilaso.
<http://www.eumed.net/libros-gratis/2013a/1326/index.htm>
- Sigler, A., & Bauder, J. (2012). Nitrato y Nitrito. In *Well Educated*. <http://www.epa.gov/>
- SNET. (2018). Índice de Calidad de Agua General “ICA.” In *Secretaría Nacional de Estudios Territoriales*.
<http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculoICA.pdf>
- Torres, J. (2008). *Análisis de la Calidad Fisicoquímica y Microbiológica del agua del Rio Motagua en muestreo ubicados en su cauce principal* [Universidad de San Carlos de Guatemala]. <https://digi.usac.edu.gt/bvirtual/informes/rapidos2008/INF-2008-033.pdf>
- Torres, P., Hernán, C., & Paola, P. (2009). Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Una revisión crítica. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 8(15), 79–94.
<http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v8n15s1/v8n15s1a09.pdf>
- United States Geological Survey. (2018, June 5). *Biological Oxygen Demand (BOD) and Water*. USGS. <https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/biological-oxygen-demand-bod-and-water>
- Vidart, G., Cechich, A., Buccella, A., & Montenegro, A. (2022). Análisis de Turbidez basado en Caracterización de Contextos. *GIISCO*, 170–183.
<https://ojs.sadio.org.ar/index.php/JAIIIO/article/view/432/365>

Anexos



Gráfica 12 Punto de monitoreo 1.1



Gráfica 13 Punto de monitoreo 1.2



Gráfica 14 Punto de monitoreo 2.1



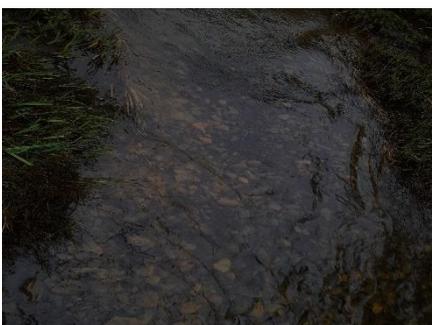
Gráfica 15 Punto de monitoreo 2.2



Gráfica 16 Punto de monitoreo 3.1



Gráfica 17 Punto de monitoreo 3.2



Gráfica 18 Punto de monitoreo 4.1



Gráfica 19 Punto de monitoreo 4.2



Gráfica 20 Punto de monitoreo 5.1



Gráfica 21 Punto de monitoreo 5.2



Gráfica 22 Punto de monitoreo 6.1



Gráfica 23 Punto de monitoreo 6.2



Gráfica 24 Punto de monitoreo 7.1



Gráfica 25 Punto de monitoreo 7.2



Gráfica 26 Punto de monitoreo 8.1



Gráfica 27 Punto de monitoreo 8.2



Gráfica 28 Punto de monitoreo 9.1



Gráfica 29 Punto de monitoreo 9.2



Gráfica 30 Punto de monitoreo 10.1



Gráfica 31 Punto de monitoreo 10.2



Gráfica 32 Punto de monitoreo 11.1



Gráfica 33 Punto de monitoreo 11.2



Gráfica 34 Punto de monitoreo 12.1



Gráfica 35 Punto de monitoreo 12.2



Gráfica 36 Páramo de Návag



Gráfica 37 Aforamiento del envase para toma de muestras in-situ



Gráfica 38 Calibración y limpieza del Multiparámetro HANNA HI98194



Gráfica 39 Datos obtenidos in-situ con ayuda del Multiparámetro HANNA HI98194



Gráfica 40 Análisis de muestras de agua en el Laboratorio



Gráfica 41 Estimación de la turbidez por medio de un turbidímetro HANNA HI 93703



Gráfica 42 Reactivos, equipos e instrumentos de laboratorios necesarios para la determinación de la DBO₅



Gráfica 43 Estimación de %OD previo a almacenamiento de la muestra de agua por 5 días



Gráfica 44 Colocación de muestra de agua sobre petrifilm para estimación de coliformes fecales



Gráfica 45 Puntos de muestreo de la microcuencia Sicalpa

Tabla 8.*Valores de Índice de Calidad de Agua*

Valores obtenidos de ICA				
Puntos de monitoreo	Meses de muestreo de aguas			
	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
1.1	86,60	84,90	85,74	85,78
1.2	87,26	85,97	87,89	86,46
2.1	88,97	89,01	88,87	83,04
2.2	84,37	84,19	83,87	81,53
3.1	83,81	84,94	85,59	88,15
3.2	83,01	85,08	87,31	87,22
4.1	73,65	74,44	73,85	73,80
4.2	73,88	74,51	73,13	73,57
5.1	71,49	73,44	70,03	71,62
5.2	70,89	72,15	70,62	72,21
6.1	69,92	69,05	69,55	69,95
6.2	67,33	67,25	67,14	65,04
7.1	58,43	57,75	59,32	58,71
7.2	58,16	55,78	58,25	60,07
8.1	71,33	69,80	71,68	71,22
8.2	70,32	69,74	71,44	70,27
9.1	60,72	61,89	62,08	61,32
9.2	62,65	60,46	60,95	61,02
10.1	53,55	52,90	53,89	52,29
10.2	53,70	53,23	53,72	53,88
11.1	56,42	48,25	48,94	49,23
11.2	49,13	54,45	55,72	54,22
12.1	49,80	49,85	50,86	50,88
12.2	48,40	50,66	51,56	50,71
Total	68,07	67,90	68,42	68,01

Tabla 9.*Valores de Coliformes Fecales*

Valores obtenidos de Coliformes Fecales				
Puntos de monitoreo	Meses de muestreo de aguas			
	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
1.1	1	1	1	1
1.2	1	1	1	1
2.1	1	1	1	1
2.2	1	1	1	1
3.1	1	1	1	1
3.2	1	1	1	1
4.1	200	200	300	200
4.2	300	300	400	300
5.1	300	400	300	400
5.2	200	300	400	300
6.1	200	300	300	300
6.2	300	400	400	400
7.1	200	200	100	200
7.2	300	300	200	300
8.1	1500	1400	1500	1500
8.2	1400	1300	1400	1400
9.1	900	900	900	900
9.2	800	800	800	800
10.1	1100	1200	1200	1200
10.2	1200	1300	1300	1300
11.1	9500	9600	9700	9700
11.2	9900	9800	9800	9800
12.1	8000	8300	8300	8300
12.2	8000	8100	8200	8200

Tabla 10.*Valores de Demanda Bioquímica de Oxígeno*

Valores obtenidos de DBO₅				
Puntos de monitoreo	Meses de muestreo de aguas			
	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
1.1	2,66	2,52	2,90	2,64
1.2	2,62	2,98	2,68	2,56
2.1	1,80	1,56	1,94	1,76
2.2	1,60	1,52	1,70	1,84
3.1	1,11	1,80	2,10	1,88
3.2	1,15	1,96	2,08	1,94
4.1	3,30	3,98	3,82	3,24
4.2	3,90	3,36	3,14	3,28
5.1	5,19	5,66	5,54	4,16
5.2	5,31	5,24	4,14	4,40
6.1	5,12	5,78	5,20	5,54
6.2	4,40	5,24	4,24	5,26
7.1	7,60	7,68	7,62	6,48
7.2	7,44	8,16	7,58	6,36
8.1	5,80	5,84	5,66	5,70
8.2	6,74	6,46	6,20	6,36
9.1	5,92	6,36	5,88	6,26
9.2	5,90	6,14	5,82	6,32
10.1	5,80	6,52	6,40	7,92
10.2	6,78	6,34	6,46	7,24
11.1	9,66	11,60	10,64	11,16
11.2	10,48	10,36	10,32	10,88
12.1	10,16	12,06	12	12,74
12.2	12,08	11,08	10,6	12,32

Tabla 11.*Valores de Oxígeno Disuelto*

Valores obtenidos de OD				
Puntos de monitoreo	Meses de muestreo de aguas			
	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
1.1	136,20	135,80	136,70	136,50
1.2	123,50	122,40	128,60	129,90
2.1	138,50	139,50	139,80	142,30
2.2	156,70	156,30	158,70	157,40
3.1	71,50	75,00	74,10	75,80
3.2	73,70	73,70	72,90	73,20
4.1	115,50	115,40	115,10	117,90
4.2	114,60	116,80	115,80	116,40
5.1	133,30	132,80	138,90	139,80
5.2	136,20	135,80	135,10	135,70
6.1	89,00	94,00	92,00	96,00
6.2	82,00	86,00	87,00	89,00
7.1	37,20	38,90	38,50	39,70
7.2	38,20	39,40	39,10	42,10
8.1	117,20	116,80	118,50	124,30
8.2	131,60	128,80	130,80	133,90
9.1	133,50	122,40	122,70	123,80
9.2	121,80	134,30	134,30	129,40
10.1	202,20	204,40	203,20	204,60
10.2	201,80	203,50	202,50	203,60
11.1	130,20	147,20	144,80	147,80
11.2	146,30	139,20	127,60	139,80
12.1	156,60	168,00	168,60	174,60
12.2	167,30	157,30	154,30	161,90

Tabla 12.*Valores de Turbidez*

Valores obtenidos de Turbidez				
Puntos de monitoreo	Meses de muestreo de aguas			
	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
1.1	1,21	1,17	1,15	1,19
1.2	1,03	0,71	0,92	0,98
2.1	1,39	1,41	1,45	3,74
2.2	1,64	1,64	1,89	3,86
3.1	0,11	0,43	0,32	0,48
3.2	0,45	0,22	0,29	0,37
4.1	0,95	0,98	0,92	0,95
4.2	1,12	0,86	0,81	0,91
5.1	0,72	0,66	0,62	0,87
5.2	0,64	0,63	0,75	0,79
6.1	0,84	0,82	0,79	0,87
6.2	0,92	0,88	0,85	0,89
7.1	1,09	1,12	1,11	1,24
7.2	1,21	1,17	1,19	1,29
8.1	0,58	0,67	0,81	0,74
8.2	0,62	0,69	0,71	0,69
9.1	1,28	1,17	1,35	1,28
9.2	1,24	1,14	1,21	1,26
10.1	0,52	0,72	0,61	0,78
10.2	0,69	0,57	0,42	0,74
11.1	0,48	0,57	0,52	0,52
11.2	0,62	0,46	0,32	0,43
12.1	0,78	0,53	0,59	0,57
12.2	0,78	0,53	0,88	0,64

Tabla 13.*Valores de Cambio de Temperatura*

Valores obtenidos de Cambio de Temperatura				
Puntos de monitoreo	Meses de muestreo de aguas			
	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
1.1	0,55	0,88	0,75	0,85
1.2	0,88	1,16	0,61	0,71
2.1	2,54	3,08	2,85	4,28
2.2	3,64	4,46	4,11	4,65
3.1	3,68	4,10	3,66	3,62
3.2	3,76	4,30	3,76	3,53
4.1	2,31	3,47	2,94	3,49
4.2	2,96	2,27	2,09	4,06
5.1	2,34	2,44	1,98	1,51
5.2	1,63	0,89	0,66	1,45
6.1	1,99	2,25	1,94	3,17
6.2	2,34	2,42	2,05	2,74
7.1	2,63	3,15	2,29	2,08
7.2	2,59	2,92	2,48	1,89
8.1	0,88	2,27	1,45	1,72
8.2	1,55	2,44	1,75	1,56
9.1	0,58	1,16	0,98	1,11
9.2	0,99	0,88	0,44	1,09
10.1	0,68	0,28	1,07	0,69
10.2	0,73	0,26	1,18	0,76
11.1	0,41	0,41	0,67	0,44
11.2	0,51	0,43	0,78	0,75
12.1	4,20	0,88	0,34	0,33
12.2	4,20	0,96	0,42	0,26

Tabla 14.*Valores de Fosfatos*

Valores obtenidos de Fosfatos				
Puntos de monitoreo	Meses de muestreo de aguas			
	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
1.1	0,5	0,5	0,4	0,4
1.2	0,4	0,5	0,3	0,4
2.1	0,2	0,2	0,1	0,2
2.2	0,2	0,2	0,2	0,3
3.1	0,3	0,3	0,4	0,3
3.2	0,2	0,4	0,3	0,3
4.1	0,3	0,3	0,3	0,3
4.2	0,2	0,3	0,3	0,3
5.1	0,1	0,1	0,2	0,2
5.2	0,2	0,2	0,2	0,3
6.1	0,4	0,4	0,4	0,5
6.2	0,4	0,4	0,5	0,5
7.1	0,4	0,4	0,5	0,5
7.2	0,4	0,5	0,5	0,4
8.1	0,2	0,3	0,3	0,2
8.2	0,2	0,2	0,2	0,2
9.1	0,8	0,7	0,7	0,8
9.2	0,7	0,8	0,8	0,8
10.1	1,2	1,4	1,2	1,2
10.2	1,1	1,2	1,1	0,9
11.1	1,4	1,3	1,3	1,3
11.2	1,4	1,4	1,2	1,2
12.1	1,1	1,2	1,1	0,9
12.2	1,2	1,1	1,1	1,1

Tabla 15.*Valores de Nitratos*

Valores obtenidos de Nitratos				
Puntos de monitoreo	Meses de muestreo de aguas			
	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
1.1	0,70	0,70	0,60	0,70
1.2	0,90	0,80	0,70	0,80
2.1	1,40	1,60	1,20	2,30
2.2	1,90	1,80	1,50	2,50
3.1	1,80	1,10	1,80	1,70
3.2	1,50	1,30	1,50	1,50
4.1	3,50	2,80	3,30	3,20
4.2	3,60	2,60	3,10	2,90
5.1	4,90	2,70	5,30	2,90
5.2	4,70	3,20	5,50	3,30
6.1	9,20	9,70	9,10	8,70
6.2	9,80	9,10	9,70	8,40
7.1	4,30	4,40	4,60	4,10
7.2	4,00	4,10	4,20	4,20
8.1	3,70	3,40	2,90	3,40
8.2	3,50	3,70	3,20	3,30
9.1	19,30	18,60	18,20	19,70
9.2	19,50	18,90	18,10	19,40
10.1	22,60	23,30	23,60	23,80
10.2	22,20	27,70	23,80	24,90
11.1	25,40	26,80	25,50	25,80
11.2	25,10	26,60	25,20	25,60
12.1	18,70	18,10	18,40	18,30
12.2	18,10	18,20	19,10	18,90

Tabla 16.*Valores de Sólidos Disueltos Totales*

Valores obtenidos de Sólidos Disueltos Totales				
Puntos de monitoreo	Meses de muestreo de aguas			
	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
1.1	174,60	174,00	173,40	174,27
1.2	170,80	171,00	172,60	174,35
2.1	63,80	64,20	67,90	75,80
2.2	65,70	66,20	64,80	78,60
3.1	44,30	46,10	45,50	48,60
3.2	47,20	45,60	42,80	46,40
4.1	157,20	155,70	156,20	158,40
4.2	155,10	156,80	157,90	156,70
5.1	167,40	167,20	166,90	172,80
5.2	156,70	147,20	149,40	177,30
6.1	215,00	209,00	201,00	212,00
6.2	221,00	211,00	208,00	214,00
7.1	147,50	148,20	146,90	149,54
7.2	147,80	148,40	147,60	152,47
8.1	167,20	168,20	164,40	162,71
8.2	172,50	172,30	168,60	171,90
9.1	172,10	169,80	168,40	167,60
9.2	167,20	170,40	171,50	172,40
10.1	186,80	187,50	186,10	189,40
10.2	185,20	187,30	188,20	188,90
11.1	226,20	231,00	232,70	237,40
11.2	233,20	227,00	225,40	228,60
12.1	249,10	250,00	250,00	252,40
12.2	249,50	250,00	248,20	250,70

Tabla 17.*Valores de Potencial de Hidrógeno*

Puntos de monitoreo	Valores obtenidos de pH			
	Meses de muestreo de aguas			
	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
1.1	7,48	7,59	7,52	7,63
1.2	7,39	7,53	7,44	7,74
2.1	7,84	7,88	7,81	7,51
2.2	7,42	7,48	7,56	7,29
3.1	7,14	6,27	6,84	7,11
3.2	6,47	7,02	7,21	6,96
4.1	8,53	8,38	8,32	8,47
4.2	8,42	8,46	8,67	8,50
5.1	8,21	8,19	8,15	8,62
5.2	8,42	8,59	8,57	8,51
6.1	8,21	8,34	8,32	8,87
6.2	8,52	8,49	8,44	8,89
7.1	8,35	8,54	8,21	8,35
7.2	8,41	8,69	8,26	8,31
8.1	8,32	8,46	8,25	8,25
8.2	8,12	8,19	8,06	8,22
9.1	8,57	8,53	8,57	8,55
9.2	8,46	8,61	8,59	8,52
10.1	8,61	8,58	8,35	8,60
10.2	8,47	8,59	8,41	8,41
11.1	8,21	8,61	8,52	8,40
11.2	8,47	8,36	8,44	8,42
12.1	8,25	8,38	8,22	8,30
12.2	8,41	8,27	8,12	8,23