

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA**

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

*Trabajo de titulación previo a la
obtención del título de Ingeniero
Ambiental*

TRABAJO EXPERIMENTAL:

**“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA MICROCUENCA
HIDROGRÁFICA DEL RÍO TUTANANGOZA MEDIANTE ANÁLISIS
FISICOQUÍMICOS, MICROBIOLÓGICOS Y LA APLICACIÓN DEL ICA-NSF”**

AUTOR:

PAUL ADRIÁN CÁRDENAS NOVILLO

TUTORA:

ING. PAOLA JACKELINE DUQUE SARANGO, MSC.

CUENCA - ECUADOR

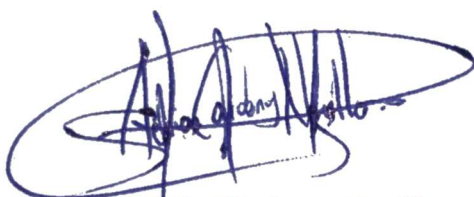
2022

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Cárdenas Novillo Paul Adrián con documento de identificación N° 1400973556, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación: **“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA MICROCUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO TUTANANGOZA MEDIANTE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS, MICROBIOLÓGICOS Y LA APLICACIÓN DEL ICA-NSF”**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: *Ingeniero Ambiental*, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, noviembre del 2020



Paul Adrián Cárdenas Novillo

C.I. 1400973556

CERTIFICACIÓN

Yo, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA MICROCUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO TUTANANGOZA MEDIANTE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS, MICROBIOLÓGICOS Y LA APLICACIÓN DEL ICA-NSF”**. realizado por Paul Adrián Cárdenas Novillo, obteniendo el *Trabajo Experimental*, que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, noviembre del 2020

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'P. Duque Sarango', written over a faint circular stamp or watermark.

Ing. Paola Jackeline Duque Sarango, MSc.

C.I. 1104257835

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Yo, Paul Adrián Cárdenas Novillo con documento de identificación N° 1400973556, autor del trabajo de titulación: **“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA MICROCUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO TUTANANGOZA MEDIANTE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS, MICROBIOLÓGICOS Y LA APLICACIÓN DEL ICA-NSF”**, certifico que el total contenido del *Trabajo Experimental*, es de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, noviembre del 2020



Paul Adrián Cárdenas Novillo

C.I. 1400973556

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico primero a Dios por brindarme una hermosa familia.

A mis padres Lourdes Novillo y Rómulo Cárdenas, quienes siempre me han estado y están apoyándome en todo a través de consejos los cuales han servido de fortaleza y guía en el transcurso de mi vida.

A mis hermanos Andrea Cárdenas, Xavier Cárdenas y familiares por el apoyo incondicional y el amor infinito.

A mi hija Bianca Aracely Cárdenas Jaramillo por ser parte fundamental e importante pilar en mi vida.

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a la Ing. Paola Duque Sarango, quien estaba presta a despejar dudas y por el tiempo dedicado en el desarrollo del presente trabajo de investigación.

A la empresa EPMAFAP_SP, por darme apertura en su laboratorio para realizar el análisis de las muestras de agua.

Finalmente a la Universidad Politécnica Salesiana y a los docentes de la carrera de Ingeniería Ambiental por compartir sus conocimientos.

RESUMEN

Los ríos sufren constantemente deterioros, debido a la presencia de contaminantes naturales y de origen antropogénico. El aumento de la concentración de estos contaminantes ha provocado la necesidad de evaluar y cuantificar la calidad de los cuerpos de agua, es por eso que en esta investigación se propuso determinar la evaluación de la calidad del agua en la microcuenca del Río Tutanangoza, ubicada entre los cantones de Sucúa y Morona de la provincia de Morona Santiago, Ecuador.

Se inició con la caracterización de la microcuenca generando información geoespacial, seguidamente con una visita técnica de campo se recorrió 13 km accesibles. A partir de ello, se definieron 4 puntos de monitoreo de los cuales se realizó muestreos con una frecuencia de una vez por mes durante 3 campañas, para los meses de: febrero, marzo y junio de 2020. Seguidamente se realizó los análisis fisicoquímicos, microbiológicos y se determinó la calidad del agua por medio del ICA-NSF. Además, se realizó la medición del caudal en cada punto de monitoreo por el método del flotador.

La calidad que se obtuvo se encuentra entre rangos de buena y regular (60-75 ICA-NSF), resultados que fueron obtenidos mediante la aplicación del ICA-NSF, además las concentraciones del parámetro de Coliformes Fecales se encuentran sobre pasando los límites máximos permisibles (>1000 NMP/100 ml) expuestos por la normativa ambiental vigente debido a la alta actividad ganadera en las diferentes zonas de estudio.

Con los resultados obtenidos se realizó propuestas de mejora, mantenimiento y recuperación de la calidad del agua en la microcuenca del Río Tutanangoza.

Palabras Clave: Calidad del agua, Campañas de muestreo, Puntos de Monitoreo, Índice de calidad ICA-NSF, Microcuenca

ABSTRACT

Rivers constantly suffer deterioration due to the presence of natural and anthropogenic pollutants. The increase in the concentration of these pollutants has caused the need to evaluate and quantify the quality of water bodies that is why in this research it was proposed to determine the evaluation of the water quality in the micro-basin of the Tutanangoza River, located between the cantons of Sucúa and Morona in the province of Morona Santiago, Ecuador.

It began with the characterization of the micro-basin generating geospatial information, followed by a technical field visit, 13 accessible km were traveled. From this, 4 monitoring points were defined, of which samples were carried out with a frequency of once a month during 3 campaigns, for the months of: February, March and June 2020. Subsequently, the physicochemical and microbiological analyzes were carried out and the water quality was determined by means of the ICA-NSF. In addition, the flow measurement was performed at each monitoring point by the float method.

The quality obtained is between the ranges of good and fair (60-75 ICA-NSF), results that were obtained by applying the ICA-NSF, in addition the concentrations of the Fecal Coliform parameter are above the maximum permissible limits (> 1000 MPN / 100 ml) exposed by current environmental regulations due to the high livestock activity in the different study areas.

With the results obtained, proposals were made for the improvement, maintenance and recovery of the water quality in the micro-basin of the Tutanangoza River.

Keywords: Water quality, Sampling campaigns, Monitoring points, ICA-NSF quality index, Micro-waters

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. HIPÓTESIS.....	3
3. OBJETIVOS.....	3
3.1. Objetivo General.....	3
3.2. Objetivos específicos.....	3
4. MARCO TEÓRICO.....	4
4.1. Cuenca Hidrográfica.....	4
4.1.1. Partes que conforma una Cuenca Hidrográfica.....	4
4.2. Parámetros generales de la Cuenca Hidrográfica.....	5
4.2.1. Área (A).....	5
4.2.2. Perímetro (P).....	5
4.2.3. Factor de forma de Horton.....	6
4.2.4. Factor de compacidad Gravelius (Kc).....	6
4.2.5. Densidad de drenaje.....	7
4.3. Características Físicas y Biofísicas de una Cuenca Hidrográfica.....	8
4.3.1. Uso de Suelo.....	8
4.3.2. Pendiente.....	8
4.3.3. Cobertura Vegetal.....	9
4.3.4. Accesibilidad.....	9
4.3.5. Sistema de Drenaje.....	9
4.4. Descripción y división de la microcuenca del Río Tutanangoza.....	9
4.4.1. La Cuenca del Río Santiago.....	9
4.4.2. La subcuenca del Río Upano.....	10
4.4.3. La Microcuenca del Río Tutanangoza.....	11
4.5. Calidad de Agua.....	16
4.5.1. Estándar Nacional de Calidad Ambiental para el Agua.....	16
4.5.2. Seguimiento de la calidad de los cuerpos de agua.....	16
4.5.3. Estación de monitoreo o muestreo.....	16
4.5.4. Caudal.....	16
4.6. Parámetros físicos del agua.....	17
4.6.1. Temperatura.....	17
4.6.2. Sólidos disueltos totales.....	17

4.6.3. Sólidos en Suspensión	17
4.6.4. Turbidez.....	18
4.6.5. Conductividad	18
4.7. Parámetros Químicos del agua	18
4.7.1. Potencial Hidrógeno (pH)	18
4.7.2. Oxígeno Disuelto.....	18
4.7.3. DBO5.....	19
4.7.4. Nitratos.....	19
4.7.5. Fosfatos (PO4).....	19
4.7.6. Nitrógeno amoniacal	20
4.7.7. Cloro Residual.....	20
4.8. Parámetros Microbiológicos del Agua	20
4.8.1. Coliformes Fecales	20
4.9. Estándares y criterios de calidad de aguas en Ecuador	21
4.9.1. Para la conservación y mantenimiento de la fauna y flora en agua dulce fría, cálida, de estuario y el océano del Ecuador.....	21
4.9.2. Estándares de calidad de agua para uso humano y doméstico.	22
4.10. Índice de calidad de agua desarrollado por la Fundación de Saneamiento de los EE.UU (ICA - NSF) 23	
4.10.1. Estimación de la calificación del índice de calidad de agua “ICA”	25
5. METODOLOGÍA	27
5.1. Tipo de investigación	27
5.2. Caracterización de la Microcuenca	27
5.2.1. Delimitación de la microcuenca y análisis de sus variables.....	27
5.2.2. Características Morfométricas.....	27
5.2.3. Parámetros de relieve y/o pendiente.....	28
5.3. Ubicación de la zona de estudio	28
5.4. Campañas y frecuencia de muestreo	29
5.5. Toma y Conservación de las muestras	30
5.5.1. Tipo de muestra.....	31
5.5.2. Conservación y etiquetado de muestras.	31
5.6. Métodos para el análisis de agua.....	33
5.7. Método para determinar el ICA-NSF	34
5.7.1. Cálculo del modelo matemático ICA-NSF.....	34

5.8. Método de flotador para el cálculo del caudal.....	42
5.8.1. Materiales.....	42
5.8.2. Cálculo de la velocidad de la corriente.....	43
5.8.3. Factor de ajuste (F) para la velocidad del transcurso de un flotador en función de la relación (R), entre la profundidad del flotador sumergido y profundidad promedio del agua.....	45
6. RESULTADOS Y ANÁLISIS	48
6.1. Caracterización de la microcuenca del Río Tutanangoza.....	48
6.1.1. Límites de la microcuenca.....	48
6.1.2. Características Morfométricas.....	50
6.1.3. Sistema de drenaje.....	50
6.1.4. Características Biofísicas.....	51
6.1.5. Cobertura vegetal ocupación y uso del suelo	52
6.1.6. Sistema de Comunicación e Infraestructura.....	54
6.1. Puntos de control y muestreo de calidad de agua en la microcuenca del Río Tutanangoza.....	56
6.2. Variación de parámetros físicos, químicos y microbiológicos.....	60
6.2.1. Parámetros físicos.....	60
6.2.2. Parámetros químicos	63
6.2.3. Parámetro microbiológico	67
6.3. Variación del Caudal	68
6.4. Comparación de las concentraciones obtenidas en las campañas de muestreo con la Legislación Ambiental Vigente.....	70
6.5. Variación espacio-temporal del ICA-NSF	77
6.6. Propuestas para la recuperación, mejora y mantenimiento del recurso hídrico en la microcuenca del Río Tutanangoza	82
7. CONCLUSIONES	88
8. RECOMENDACIONES	89
9. REFERENCIAS	90

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Procedimiento de laboratorio para el análisis de las muestras de agua.....	96
ANEXO 2: Cálculo de la velocidad corregida de la corriente en base al recorrido del flotador por dos secciones transversales	107
ANEXO 3: Cálculo del Área en una sección transversal para cada punto de muestreo durante toda la campaña de monitoreo.....	111
ANEXO 4: Análisis Fisicoquímicos y Microbiológicos del Río Tutanangoza	123
ANEXO 5: Boletín de desarrollo meteorológico	124
ANEXO 6: Tablas de cálculo del índice de calidad ICA-NSF	125

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Relación de forma de Horton	6
Tabla 2: Factor de compacidad de Gravelius	7
Tabla 3: Factor de densidad de drenaje en las cuencas hidrográficas según Horton y Strahler	8
Tabla 4: Tipo de terrenos de acuerdo al porcentaje de pendiente	8
Tabla 5: Límites permisibles en aguas superficiales dulces.....	21
Tabla 6: Límites máximo permisibles para aguas abastecimiento humano y doméstico....	22
Tabla 7: Clasificación del “ICA” propuesto por Brown	25
Tabla 8: Frecuencia de muestreo.....	30
Tabla 9: Métodos para el análisis de agua.....	34
Tabla 10: Pesos relativos para parámetros del “ICA”	35
Tabla 11: Solubilidad de oxígeno disuelto en el agua dulce con respecto a la temperatura	41
Tabla 12: Factor de ajuste (F) para la velocidad del transcurso de un flotador en función R (Relación entre el hundimiento relativo del flotador y la profundidad del río)	45
Tabla 13: Características Morfométricas	50
Tabla 14: Cobertura vegetal y ocupación del suelo en la microcuenca del Río Tutanangoza	53
Tabla 15: Puntos de control y muestreo de la calidad de agua en el Río Tutanangoza	57
Tabla 16: Caudales medidos (m ³ /s) en el Río Tutanangoza por campañas y puntos de muestreo, 2020	68
Tabla 17: Comparativa con las regulaciones ambientales actuales que protegen a la fauna y flora en agua dulce para los 4 puntos de muestreo en febrero 2020	70
Tabla 18: Comparativa con las regulaciones ambientales actuales que protegen a la fauna y flora en agua dulce para los 4 puntos de muestreo en marzo 2020.....	71
Tabla 19: Comparativa con las regulaciones ambientales actuales que protegen a la fauna y flora en agua dulce para los 4 puntos de muestreo en junio 2020.....	72
Tabla 20: Comparativa de los resultados obtenidos con las regulaciones ambientales vigentes del límite máximo permitido para el uso y consumo doméstico solo con desinfección en los puntos de monitoreo para el mes de febrero 2020	74
Tabla 21: Comparativa de los resultados obtenidos con las regulaciones ambientales vigentes del límite máximo permitido para el uso y consumo doméstico solo con desinfección en los puntos de monitoreo para el mes de marzo 2020	75

Tabla 22: Comparativa de los resultados obtenidos con las regulaciones ambientales vigentes del límite máximo permitido para el uso y consumo doméstico solo con desinfección en los puntos de monitoreo para el mes de junio 2020.....	76
Tabla 23: ICA-NSF por campañas y puntos de monitoreo	81
Tabla 24: Instrumentos de Gestión para la elaboración de propuestas	82
Tabla 25: Propuesta para la mejora de la calidad del agua por medio de la recuperación de ecosistemas en la microcuenca del Río Tutanangoza	83
Tabla 26: Propuesta de capacitación y participación ciudadana a los moradores de la microcuenca del Río Tutanangoza	85
Tabla 27: Índice del NMP con 95% de límite de confianza.....	106

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1:Toma de muestra en el Río Tutanangoza.....	31
Ilustración 2:Envases para muestreo de agua.....	32
Ilustración 3:Etiquetado de muestras	32
Ilustración 4:Conservación de muestras a 3.3 °C.....	33
Ilustración 5: Materiales para el cálculo del caudal	43
Ilustración 6: Velocidad del flotador en el transcurso de dos secciones transversales	44
Ilustración 7: Medición de una sección transversal en el Río Tutanangoza	46
Ilustración 8: Profundidad del Río Tutanangoza en una sección transversal cada metro ...	47
Ilustración 9:Punto de monitoreo P.C.1 en el Río Tutanangoza	58
Ilustración 10: Punto de monitoreo P.C.2 en el Río Tutanangoza	58
Ilustración 11: Punto de monitoreo P.C.3 en el Río Tutanangoza	59
Ilustración 12: Punto de monitoreo P.C.4 en el Río Tutanangoza (época de lluvia – época seca).....	60
Ilustración 13: pH metro	96
Ilustración 14: Determinación de Sólidos Totales Disueltos (TDS).....	97
Ilustración 15: DBO metro para determinar la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	99
Ilustración 16: Turbidímetro	100
Ilustración 17: Determinación de Oxígeno Disuelto (O.D)	101
Ilustración 18: Determinación de Nitratos (NO ₃).....	102
Ilustración 19:Determinación de Fosfatos (PO ₄).....	103
Ilustración 20: Reactivos químicos Fluorocult y Kovac's	104
Ilustración 21: Siembra de muestras para la determinación de Coliformes Fecales.....	105
Ilustración 22: Confirmación de tubos positivos con Coliformes Fecales.....	106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Partes de una cuenca hidrográfica	5
Figura 2: Ejemplo de cálculo de perímetro y área	28
Figura 3: Tasa de relación entre la calidad de agua y Coliformes Fecales	36
Figura 4: Tasa de relación entre la calidad de agua y el pH.....	36
Figura 5: Tasa de relación entre la calidad de agua y la DBO5	37

Figura 6: Tasa de relación entre la calidad de agua y los Nitratos.....	38
Figura 7: Tasa de relación entre la calidad de agua y los Fosfatos	38
Figura 8: Tasa de relación entre la calidad de agua y la temperatura	39
Figura 9: Tasa de relación entre la calidad de agua y la turbidez	39
Figura 10: Tasa de relación entre la calidad de agua y sólidos disueltos totales	40
Figura 11: Tasa de relación entre la calidad de agua y el oxígeno disuelto.....	42
Figura 12: Sección de un área transversal.....	46
Figura 13: Variación espacio-temporal de la temperatura (°C) medidos en el Río Tutanangoza, 2020	61
Figura 14: Variación espacio-temporal de la turbiedad (NTU) medidos en el Río Tutanangoza, 2020	62
Figura 15: Variación espacio-temporal de Sólidos Disueltos Totales (TDS mg/L) medidos en el Río Tutanangoza, 2020.....	63
Figura 16: Variación espacio-temporal del pH medidos en el Río Tutanangoza, 2020.....	63
Figura 17: Variación espacio-temporal de Fosfatos (mg PO ₄ /L) medidos en el Río Tutanangoza, 2020	64
Figura 18: Variación espacio-temporal de Nitratos (mg N/L) medidos en el Río Tutanangoza, 2020.....	65
Figura 19: Variación espacio-temporal de Oxígeno Disuelto (OD mg/L) medidos en el Río Tutanangoza, 2020	66
Figura 20: Variación espacio-temporal de la DBO ₅ (mg O ₂ /L) medidos en el Río Tutanangoza, 2020	67
Figura 21: Variación espacio-temporal de Coliformes Fecales (NMP/100 ml) medidos en el Río Tutanangoza, 2020	68
Figura 22: Variación del caudal (m ³ /s) medidos en el Río Tutanangoza, 2020	69

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1: Ubicación de la microcuenca del Río Tutanangoza con respecto la cuenca del Río Santiago y a la subcuenca del Río Upano	12
Mapa 2: Climatología en la Microcuenca del Río Tutanangoza.....	14
Mapa 3: Hidrografía en la microcuenca del Río Tutanangoza.....	15
Mapa 4: Puntos de monitoreo y muestreo de agua en la microcuenca del Río Tutanangoza	29
Mapa 5: Límites de la microcuenca del Río Tutanangoza	49
Mapa 6: Características morfométricas en la microcuenca del Río Tutanangoza	51
Mapa 7: Características Biofísicas de la microcuenca del Río Tutanangoza.....	52
Mapa 8: Ocupación del suelo y cobertura vegetal de la microcuenca del Río Tutanangoza	54
Mapa 9: Sistema de comunicación en la microcuenca del Río Tutanangoza	56
Mapa 10: Variación espacio-temporal del ICA-NSF para el mes de febrero 2020	78
Mapa 11: Variación espacio-temporal del ICA-NSF para el mes de marzo 2020.....	79
Mapa 12: Variación espacio-temporal del ICA-NSF para el mes de junio 2020.....	80

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Factor de forma	6
Ecuación 2: Factor de compacidad.....	7
Ecuación 3: Densidad de drenaje	7
Ecuación 4: Cálculo del índice de calidad del agua del modelo NSF.....	34
Ecuación 5: Velocidad de la corriente.....	43
Ecuación 6: Cálculo del área de una sección	46
Ecuación 7: Cálculo del área total.....	47
Ecuación 8: Cálculo del caudal	48

1. INTRODUCCIÓN

Los Recursos Hídricos en el Ecuador se encuentran ligados a una de las principales funciones como es la demanda y satisfacción del agua para las variadas necesidades que presenta la sociedad, este recurso depende ella, principalmente en la distribución de manera sostenible tanto en el tiempo como en el espacio, tomando en cuenta la calidad del agua (Galárraga-Sánchez, 2000).

Estudios realizados referente a la calidad de agua en los distintos ríos del Ecuador demuestran que existen altos niveles en las concentraciones de fosforo, nitrógeno, DBO y coliformes, debido a las actividades de origen antropogénico tales como: la agricultura, ganadería, así como también a la descargas de efluentes industriales y residuos sólidos, las cuales se encuentran asociadas con el desarrollo exponencial de las poblaciones en las zonas periféricas (Escobar, 2002; Baque Mite, 2016) (Duque-sarango et al., 2018).

Por otra lado, se confirma el uso de agroquímicos en la agricultura cerca de los suelos de las cuencas de aportación para aguas en tratamiento de potabilización urbana, incluso en terrenos que no son aptos para la producción agrícola, trayendo consigo el deterioro de la calidad de agua producto del arrastre de estos contaminantes químicos a los cuerpos hídricos superficiales mediante la escorrentía (Galárraga Sánchez, 2001).

Los índices y parámetros de calidad del agua representan el estado de los recursos hídricos, constituyendo una importante herramienta a la hora de manifestar las tendencias que toma este recurso, mediante el valor obtenido del análisis de una combinación de ciertos parámetros ambientales y la aplicación de un cálculo matemático (Paola Duque-Sarango et al., 2019) (Quevedo, 2017).

Es por ello que en la presente investigación se evaluó la calidad de agua en la microcuenca del Río Tutanangoza por medio del análisis de parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y la aplicación del índice de calidad ICA-NSF. La información generada en esta investigación dará la apertura a estudios y proyectos más profundizados con el objetivo de gestionar adecuadamente el recurso hídrico.

Esta investigación se desarrolló en la microcuenca del Río Tutanangoza ubicada en la provincia de Morona Santiago, Ecuador, específicamente en el cantón Sucúa y parte del cantón Morona, con el propósito de evaluar los cambios físicos, químicos y microbiológicos del agua, producto de las diferentes actividades tales como la ganadería, descarga de efluentes residuales, residuos sólidos, y extracción de materiales pétreos.

Para la ejecución de este proyecto se inició con una caracterización de la microcuenca del Río Tutanangoza con el propósito de obtener una información geoespacial sobre cobertura vegetal, uso de suelo, sistemas de comunicación, entre otros; que conjuntamente con una visita técnica de campo y el recorrido de 13 km accesibles ayudaron a determinar las zonas estratégicas para la evaluación y análisis de la calidad de agua en 4 puntos de muestreo representativos.

El muestreo de agua se llevó a cabo mediante un protocolo siguiendo las pautas emitidas por la normativa INEN 2176:2013 durante 3 campañas de monitoreo, con el fin de obtener una mayor representatividad en la evaluación de los datos obtenidos en los 4 puntos de monitoreo.

El proceso de análisis del agua se ejecutó mediante técnicas in-situ y en el laboratorio EPMAPAF-SP de la ciudad de Sucúa, el cual se encuentra especializado con equipos correctamente calibrados y reactivos químicos de alta pureza. Además, se determinó el caudal por el método del flotador para cada zona de estudio y el índice de calidad ICA-NSF en los distintos puntos de monitoreo.

Una vez obtenido los datos de muestreo de la calidad de agua en la microcuenca del Río Tutanangoza y su respectivo análisis, se realizó propuestas de recuperación, manejo y mantenimiento del recurso hídrico, con el propósito de prevenir una posible contaminación y recuperar o mantener la calidad del recurso hídrico en la microcuenca.

2. HIPÓTESIS

El índice de calidad de agua en la microcuenca del Rio Tutanangoza se encuentra en condiciones de mala calidad debido a que las concentraciones de los parámetros del agua sobrepasan los límites máximos permisibles, expuestos por la legislación ambiental vigente (TULSMA).

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

Evaluar la calidad del agua en la microcuenca hidrográfica del Rio Tutanangoza mediante análisis fisicoquímicos, microbiológicos y su aplicación ICA-NSF durante el periodo enero 2020 - junio 2020.

3.2. Objetivos específicos

- Caracterizar la microcuenca del Rio Tutanangoza, generando información geoespacial sobre: límites de la cuenca, uso del suelo, mapa de pendientes, cobertura vegetal, disponibilidad de servicios, vías, sistemas de comunicación, entre otros.
- Identificar y seleccionar los puntos de monitoreo para determinar la calidad del agua en el Rio Tutanangoza, según las variables físicas: cobertura vegetal, uso actual del suelo, accesibilidad y variables ambientales: puntos de contaminación,

relieve y siguiendo un protocolo de muestreo de acuerdo a la normativa NTE INEN 2176:2013.

- Realizar análisis fisicoquímicos, microbiológicos de las muestras tomadas, y medición de caudales; desarrollar una comparación entre las diferentes zonas de monitoreo versus la normativa ambiental vigente. (Acuerdo Ministerial 094-Libro VI anexo 1).
- Calcular el índice de calidad del agua (ICA-NSF) del Río Tutanangoza en las diferentes zonas de estudio.
- Elaborar propuestas para la recuperación, mejora, y mantenimiento de la calidad del agua en la microcuenca del Río Tutanangoza.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. Cuenca Hidrográfica

Está formada por una agrupación de superficies de suelo y vertientes compuestas por una red de drenaje la cual ha sido formada por los cursos de agua que son captados de manera natural por las precipitaciones, estas a su vez convergen a una sola salida o punto de desagüe (Finkler, 2016).

4.1.1. Partes que conforma una Cuenca Hidrográfica

Según la altura, la cuenca se puede dividir en las siguientes categorías:

- **Cuenca Alta**

Son áreas adyacentes en donde se presenta un sistema montañoso en la parte más elevada de la cuenca. Los primeros cuerpos de agua se forman en esta área generando la primera escorrentía después de que el suelo ha absorbido y retenido

toda el agua de acuerdo a su capacidad de campo (Cotler Ávalos & Galindo Alcántar, 2013).

- **Cuenca Media**

Considerada como una zona de cambio entre la cuenca baja y la cuenca alta, en donde los escurrimientos de la parte alta convergen entre sí, aportando diferentes caudales para la formación del principal cauce (Camino, Bó, Cionchi, & Del Río, 2018).

- **Cuenca Baja**

La característica principal de esta parte de la cuenca es su topografía plana, además de presentar un área de ecosistema importante que permite las actividades agrícolas y ganaderas acumulativas en esta parte de la cuenca (Finkler, 2016).

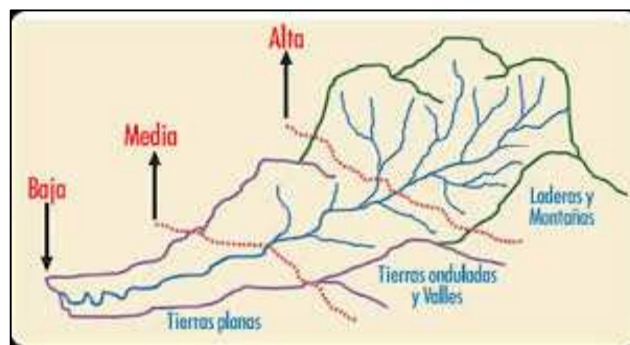


Figura 1: Partes de una cuenca hidrográfica

Fuente: (Palacios Ruiz, 2016)

4.2. Parámetros generales de la Cuenca Hidrográfica

4.2.1. Área (A)

Se considera como la superficie del drenaje de todo el sistema fluvial, incluida su línea de separación topográfica, proyectado en un plano horizontal expresado en Km² (Horton, 1945).

4.2.2. Perímetro (P)

Constituye la longitud en el plano horizontal que pasa por la cuenca, expresada en kilómetros o metros. (Horton, 1945).

4.2.3. Factor de forma de Horton

Representada por el resultado del área de la cuenca sobre la longitud al cuadrado de la misma en Km (Horton, 1945).

$$Kf = \frac{A}{L^2}$$

Ecuación 1: Factor de forma

Dónde:

Kf: Factor de forma establecido por Horton (adimensional)

A: Área de la cuenca (Km²)

L: longitud de la cuenca (Km)

Tabla 1: Relación de forma de Horton

Valores de Kf	Forma
<0,22	Muy alargada
0,22-0,30	Alargada
0,3-0,37	Ligeramente alargada
0,37-0,45	Ni alargada ni ensanchada
0,45-0,60	Ligeramente ensanchada
0,60-0,80	Ensanchada
0,80-1,12	Muy ensanchada
>1,12	Redondeada

Fuente: (Strahler, 1957)

4.2.4. Factor de compacidad Gravelius (Kc)

Correlaciona el perímetro de una cuenca de interés con el área teórica de un círculo equivalente a la cuenca estudiada(Gravelius, 1914).

Se utiliza la siguiente fórmula para su determinación:

$$Kc = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}}$$

Ecuación 2: Factor de compacidad

Dónde:

Kc: Factor de compacidad

P: Perímetro de la cuenca (Km)

A: Área de la cuenca (Km²)

Tabla 2: Factor de compacidad de Gravelius

Valores de Kc	Forma
1.00 – 1.25	Redonda a oval redonda
1.25 – 1.50	De oval redonda a oval alargada
1.50 – 1.75	De oval alargada a rectangular alargada

Fuente: (Gravelius, 1914)

4.2.5. Densidad de drenaje

Está relacionado con la longitud de la red de los cauces y el área de una cuenca por donde fluye el agua, es decir, todos los arroyos y ríos que llegan al río principal sobre el área total de una cuenca.

Mediante la siguiente ecuación se calcula la Densidad de drenaje:

$$Dd = \frac{\sum \text{Longitud de corrientes}}{\text{Area}}$$

Ecuación 3: Densidad de drenaje

Dónde:

Dd: Densidad de drenaje (Km/Km²)

Σ Longitud de corrientes: Sumatoria total de la longitud de las corrientes de la cuenca

A: Área de la cuenca (Km²)

Tabla 3: Factor de densidad de drenaje en las cuencas hidrográficas según Horton y Strahler

Densidad de drenaje	Categoría
<1	Pobre o Baja
1– 2	Moderada
2 – 3	Alta
>3	Muy Alta

Fuente: (Horton, 1945; Strahler, 1957)

4.3. Características Físicas y Biofísicas de una Cuenca Hidrográfica

4.3.1. Uso de Suelo

El uso y ocupación del suelo están fuertemente influenciados por las características de generación de escorrentía, puesto que este proceso es indispensable para la formación de cobertura existente. El estudio y evaluación del uso y cobertura del suelo permite analizar la calidad hídrica, el potencial energético y el manejo del drenaje urbano mediante la estimación de las características de la escorrentía, potencial de infiltración, interceptación y la evapotranspiración, (P Duque-Sarango et al., 2019) (Finkler, 2016).

4.3.2. Pendiente

Es el promedio de la pendiente del terreno y la inclinación relativa de la vertiente sobre la ubicación de la cuenca, se relaciona con la contribución de la escorrentía superficial, la infiltración y las aguas subterráneas al caudal del río.(Camino, Bó, Cionchi, & Del Río, 2018).

Se clasifica de acuerdo a sus porcentajes de la siguiente manera:

Tabla 4: Tipo de terrenos de acuerdo al porcentaje de pendiente

Pendiente en porcentajes %	Tipo de terrenos
----------------------------	------------------

2	Llano o Plano
5	Suave
10	Accidentado medio
15	Accidentado
25	Fuertemente accidentado
50	Escarpado
>50	Muy escarpado

Elaborado por: Autor

4.3.3. Cobertura Vegetal

Determina el manejo agronómico de cultivos y la existencia de vegetación arbórea en áreas específicas.

4.3.4. Accesibilidad

Abarca una variedad de actividades (comunicación, transporte, ocio, turismo...), por lo que tiene múltiples perspectivas, como participar en actividades sociales y económicas en el entorno construido

4.3.5. Sistema de Drenaje

Está compuesto por una red de canales hidrográficos que tienen como función recolectar y conducir el agua a otra parte, es decir, fuera del área a drenar, evitando así la entrada de agua externa y permitiendo que no se acumule en las zonas bajas del terreno, puesto que estas áreas pueden ser utilizada para actividades agrícolas, ganaderas o forman parte de urbanizaciones. (Robalino Rodríguez & López Zevallos, 2011).

4.4. Descripción y división de la microcuenca del Río Tutanangoza

4.4.1. La Cuenca del Río Santiago

Cubre la mayor área geográfica de la provincia de Morona Santiago, y se forma bajo los principales aportes de los ríos Upano-Namangoza-Paute y Zamora. En específico, ocupa el

centro y sur de la provincia de Morona Santiago, y recolecta toda el agua de la vertiente oriental de la Cordillera Real, así como las aguas que tienen su origen en las Cordilleras Cutucú y el Cóndor. (GAD Morona Santiago, 2015).

Esta cuenca hidrográfica está constituida por las sub cuencas de los ríos:

- Yaupi
- Upano
- Namangoza
- Zamora
- Coangos
- Drenajes al río Santiago

Formando una longitud: 227,440 Km. y Superficie: 11528.08 Km^2 . (GAD Morona Santiago, 2015).

4.4.2. La subcuenca del Río Upano

Se encuentra ubicado geográficamente en el corredor Macas-Méndez, el cual recoge toda las vertientes de la parte superior, media y baja del lado exterior de la cordillera Real, y de los lados inferior, medio y bajo de la cordillera Cutucú. En primera instancia, sus drenajes constituyen de numerosas lagunas y glaciares formadas en la vertiente al de la cordillera Real (GAD Morona Santiago, 2015).

En general, aunque el curso medio del río Upano es ancho, lo que favorece la navegación en barco, el río principal y sus afluentes y subafluentes tienen condiciones hidrológicas de alto grado torrencial. La dirección de la esorrentía cambia entre Sur y Suroeste hasta que se fusiona con el río Paute (GAD Morona Santiago, 2015).

Esta subcuenca hidrográfica está constituida por las microcuencas de los ríos:

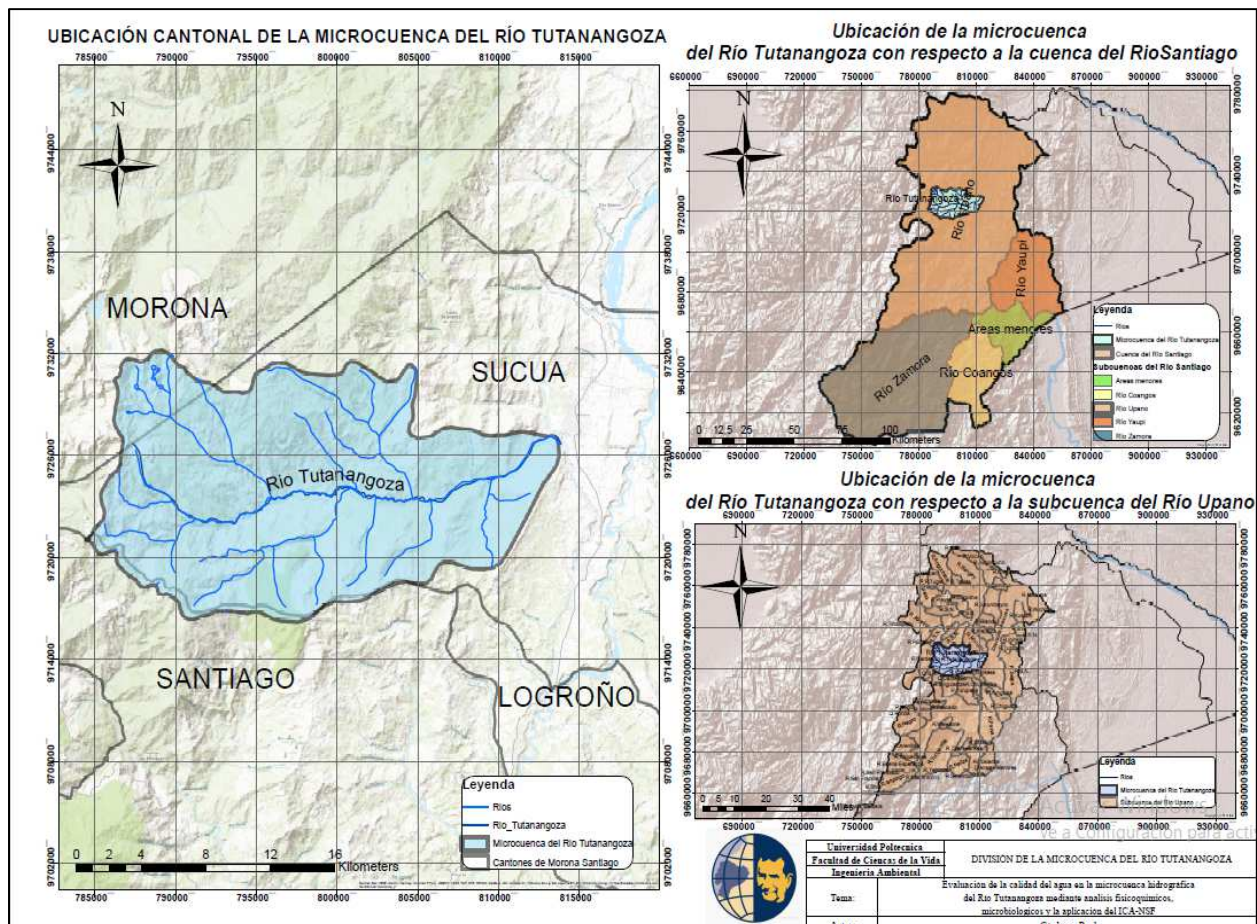
- Blanco
- Arapícos
- Tutanangoza
- Miriumi
- Sangay
- Santa Barbara
- Volcán
- Jurumbayno
- Boladel
- San Francisco

Posee una longitud: 166 Km, superficie: 3713.26 Km^2 , que representan el 15.6% del área total provincial. (GAD Morona Santiago, 2015).

4.4.3. La Microcuenca del Río Tutanangoza

Se encuentra ubicada geográficamente en el cantón Sucúa y parte del cantón Morona, producto del drenaje de diferentes ríos provenientes de la zona tales como Miriumi, Río Hojal, Sunkants, formando la red hidrológica de gran importancia para las actividades ganaderas, turismo y agrícolas del cantón Sucúa.

En términos generales, la microcuenca del Río Tutanangoza ocupa el 35,07% del área total del cantón Sucúa, tiene una superficie de 313,33 Km^2 y una longitud del río aproximada de 35,13 km (GAD Sucúa, 2015).



Mapa 1: Ubicación de la microcuenca del Río Tutanangoza con respecto a la cuenca del Río Santiago y a la subcuenca del Río Upano

Elaborado por: Autor

4.4.3.1. Tipos de clima

La microcuenca del Río Tutanangoza presenta varios climas que se pueden encontrar en el área de estudio, estos tipos de clima están definidos por el "levantamiento cartográfico escala 1: 50000", de la cual se obtienen los siguientes tipos de clima:

- **Ecuatorial de Alta Montaña:** Se ubica a 2800 m.s.n.m. La precipitación promedio anualmente es de entre 800-2000 mm y la humedad relativa es superior al 80%. Predominan dos tipos de vegetación: "páramo" y "matorral". Presenta una temperatura mínima de: 4 °C mientras que su temperatura máxima es: 12 °C (GAD Sucúa, 2015).

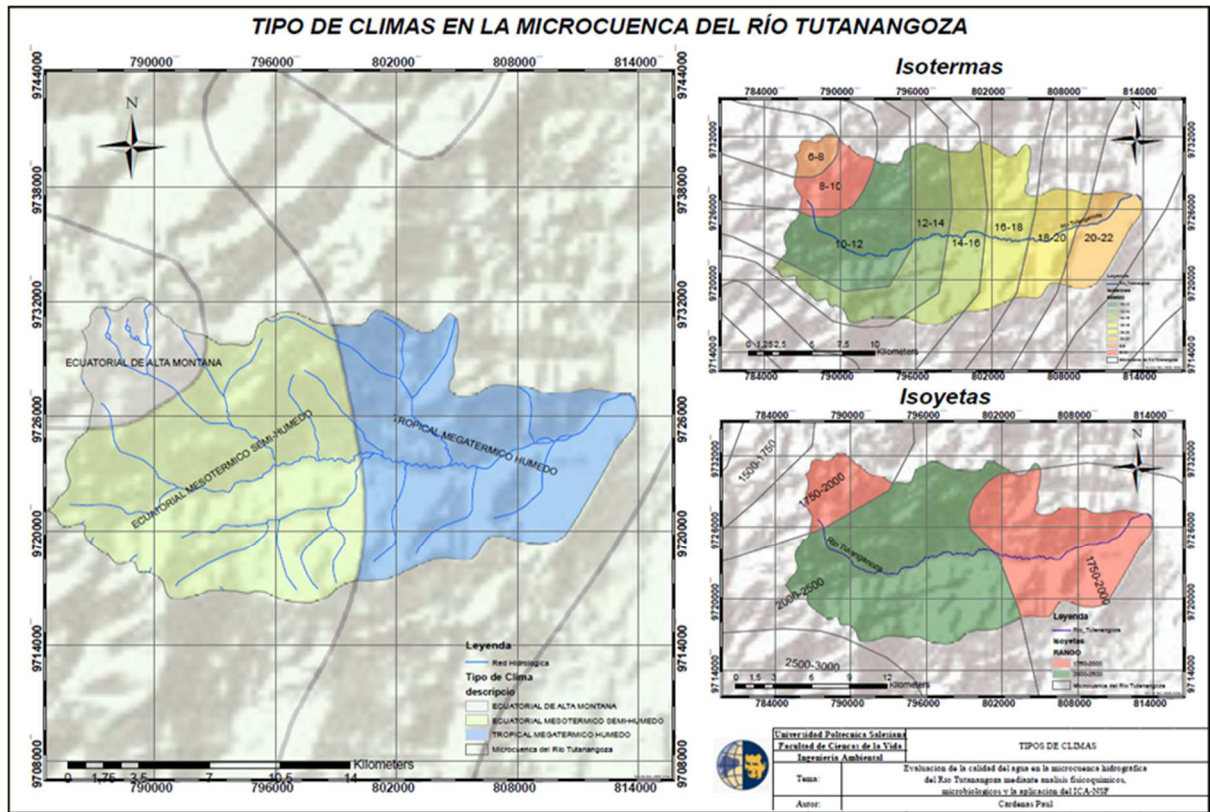
- **Ecuatorial Meso térmico Semi-Húmedo:** Están ubicados a 1900 m.s.n.m, presenta una vegetación natural la cual ha sido sustituida por pastos y cultivos de ciclo corto (principalmente cereales, maíz y papas), indicando un alto grado de potencial agrícola. Su temperatura mínima es de: 12 °C, mientras que su temperatura máxima es de: 20 °C (GAD Sucúa, 2015).
- **Tropical Mega térmico Húmedo:** Es un clima que varía entre la región de los Andes y la región de los valles Orientales, se encuentra ubicado entre los 500-900 m.s.n.m. aproximadamente. Puede promover el desarrollo de la agricultura y el turismo. Presenta una temperatura mínima: 16 °C y una temperatura máxima: 22 ° C (GAD Sucúa, 2015).

4.4.3.2. Temperatura

Esta microcuenca presenta temperaturas que varían desde los 6° a 10°C en su parte alta con presencia de pequeñas lluvias y climas nublados, en la parte media la temperatura oscila entre 12° a 18°C debido a la región amazónica del país y su extensa vegetación, las lluvias son frecuentes durante la mayor parte del año. La temperatura en la parte baja varía entre 18 ° y 22 ° C, presentando un clima soleado con mucha humedad relativa en el medio ambiente (GAD Sucúa, 2015).

4.4.3.3. Precipitación

La precipitación media anual varía a lo largo del año con valores pluviométricos entre rangos que van desde los 1000-3000 mm. En general, se puede decir que en la microcuenca la precipitación promedio anualmente es de 1750 mm por ser una de las principales peculiaridades de la región amazónica, con abundantes lluvias durante todo el año. Los sectores donde se presentan los niveles pluviométricos más altos detectados [1750mm2000mm] y [2000mm-2500mm] que corresponden a los suelos agrícolas de la microcuenca del Río Tutanangoza, lo cual tiene ventajas porque ayuda al riego de plantaciones. (GAD Sucúa, 2015).



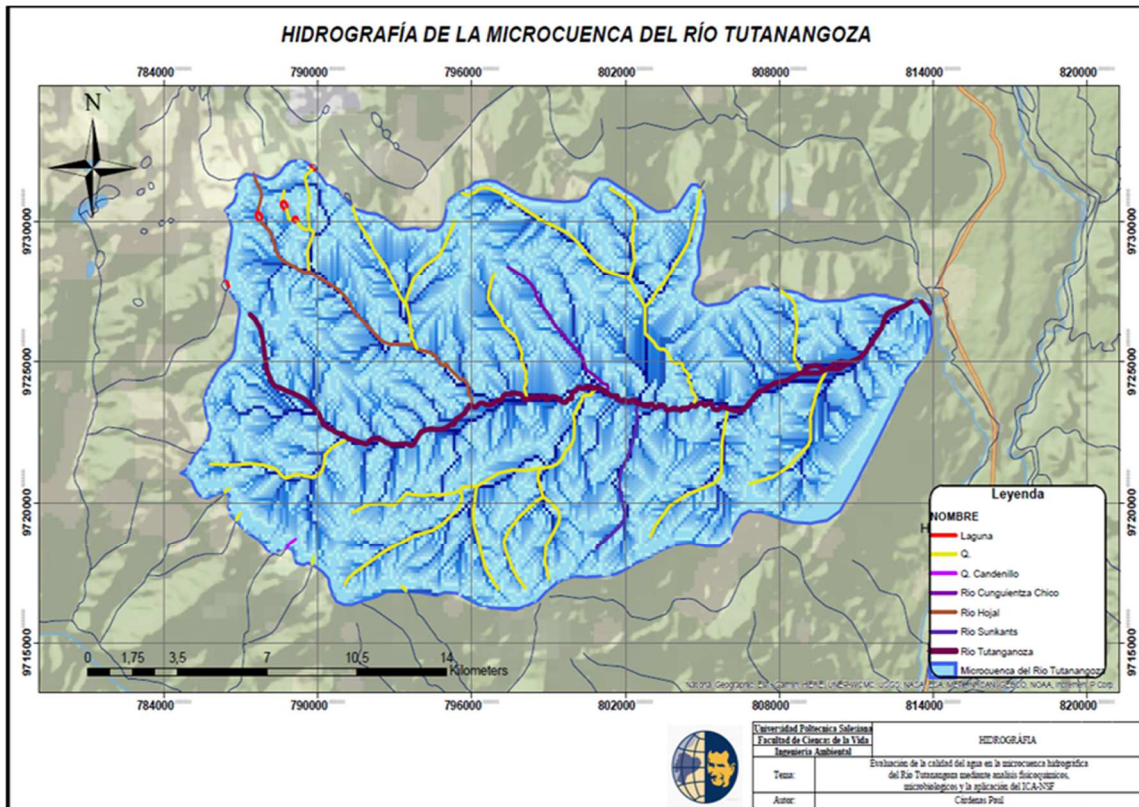
Mapa 2: Climatología en la Microcuenca del Río Tutanangoza

Elaborado por: Autor

4.4.3.4. Hidrografía

EL Río Tutanangoza nace de la laguna Aguacocha situada en la parte Este del cantón Morona, esta a su vez se une con la quebrada Candenido y el río Hojal abriendo a su paso la afluencia del río Tutanangoza, el mismo que recorre por la parte Norte de la parroquia Asunción conjuntamente con las comunidades de Santa Teresita y Sunkants, este río pertenece a la subcuenca media del Río Upano descargando sus aguas en su río principal.

A lo largo su extenso recorrido el río Tutanangoza se alimenta por los diferentes ríos, riachuelos y quebradas, de las cuales se mencionan a continuación: Quebrada Candenido, Río Cunguintza Chico, Río Sunkants y Río Hojal, cabe mencionar que existen quebradas que aún no disponen de nombre pero que alimentan al río principal desde las zonas altas, medias y bajas de esta microcuenca.



Mapa 3: Hidrografía en la microcuenca del Río Tutanangoza
Elaborado por: Autor

4.4.3.5. Aspectos socioeconómicos y políticos de la microcuenca del Río Tutanangoza

En esta microcuenca se encuentra la parroquia Asunción conjuntamente con sus 2 comunidades (“Santa Teresita” y “Sunkants”) de las cuales 1.073 casos pertenecen al grupo de población económicamente activa. Además, se introdujeron 950 casos de empleo y solo se encontraron 465 casos entre la población asalariada, lo que representa el 16% de la población total (en relación con la población total) (GAD Asunción, 2015).

Entre las actividades que realiza la población, se destaca la agricultura y ganadería por representar y dar cabida a la mayor proporción de casos existentes. Por otro lado, destacan los comerciantes de la zona, los departamentos de administración pública y defensa, con gran número de casos, y especializados en la multitud docente (GAD Asunción, 2015).

4.5. Calidad de Agua

Se refiere a un conjunto de parámetros físicos, químicos o biológicos que permiten a las personas saber para qué fines se puede utilizar el agua, este término es referente y solo importa cuando se trata de utilizar este recurso. Esto significa que, los cuerpos de agua que permiten la supervivencia de los peces, no necesariamente son aptos para nadar y el agua destinada para el consumo y uso de las personas puede no ser apto para el uso industrial (Chávez Villena, 2018) (Montalvo-Ochoa et al., 2020).

4.5.1. Estándar Nacional de Calidad Ambiental para el Agua

Se encuentra asociado con los niveles máximos permisibles en la concentración de sustancias, elementos o parámetros fisicoquímicos y biológicos de los cuerpos hídricos superficiales los cuales no representarán una amenaza importante para la salud humana ni al medio ambiente.

4.5.2. Seguimiento de la calidad de los cuerpos de agua

Es un proceso diseñado para monitorear y controlar la calidad de los recursos hídricos naturales así como también de sus efectos en los diferentes manejos de agua y del ecosistema acuático, los cuales son vulnerables a exposiciones de contaminantes determinados (ENCA, 2016).

4.5.3. Estación de monitoreo o muestreo

La ubicación geográfica de un área en específico para estimar la calidad del agua mediante el uso de variables o parámetros ambientales (ENCA, 2016).

4.5.4. Caudal

Cantidad de agua que se dirige sobre una sección específica de la quebrada, río o arroyo en un tiempo determinado, generalmente se mide en m³/s.

4.6. Parámetros físicos del agua

4.6.1. Temperatura

Es una medida de energía térmica o calor presente en las partículas de una sustancia soluble. Este parámetro se relaciona con el oxígeno disuelto del agua debido a que al incremento de la temperatura reduce el porcentaje de oxígeno en el agua y por lo general aumenta la solubilidad de las sales lo que a su vez acelerará la tasa de reacciones metabólicas y la biodegradación (Minaya Vela, 2017).

El cambio de temperatura del agua depende de la oscilación del ciclo de luz solar (variación día/noche) y la estación anual. Generalmente, a medida que se eleva la temperatura, reduce la cantidad de oxígeno en el agua aumentando la reproducción de microorganismos patógenos y destruyendo el ecosistema acuático (Zouiten , 2012).

4.6.2. Sólidos disueltos totales

Son sólidos que se encuentran en un medio húmedo o acuoso de manera disuelta y solo pueden retenerse durante una filtración ultra delgada por medio de una lámina o membrana con un tamaño de poro 2 μm de apertura. La concentración de este parámetro se mide en mg/l (Vazquez, 2003).

4.6.3. Sólidos en Suspensión

Son partículas de mayor tamaño que las disueltas (como arcilla, limo, desechos en heces), algunas insolubles, se arrastran por los cuerpos de agua mediante suspensión estable (solución coloidal) y suspensión variable mientras son arrastrados por la corriente de agua. Los sólidos coloidales en suspensión solo se asentarán después de aplicar procesos de coagulación o floculación en el agua (Minaya Vela, 2017).

4.6.4. Turbidez

Definido como la carencia de claridad o transparencia en los cuerpos de hídricos, debido a la distribución de los sólidos suspendidos. La turbidez indica la materia en suspensión que puede provenir de sedimentos de cuencas hidrográficas así como también de aguas residuales domésticas o de origen industrial, se mide en la unidad de turbidez NTU (Montoya, 2011; Minaya Vela, 2017).

4.6.5. Conductividad

Esto puede ser mayor o proporcional al número y características de los iones en las soluciones del agua, puede presentar variaciones en su concentración de acuerdo a la temperatura del agua y el material del lecho. Por lo tanto, el valor de conductividad se utiliza como un indicador aproximado de la concentración de soluto. Generalmente el agua tiene baja conductividad (Solís Castro, Zúñiga Zúñiga, & Mora Alvarado, 2017).

4.7. Parámetros Químicos del agua

4.7.1. Potencial Hidrógeno (pH)

El rango de medición del pH es de 0 hasta 14, representando la acidez o basicidad del recurso hídrico, un valor de medición entre 0 y 7 es considerado como una sustancia acida mientras que el valor de medición entre 7 y 14 es una sustancia alcalina, por otro lado un pH con un valor de 7 significa que es neutral. El pH de una agua contaminada por vertidos residuales suele ser muy ácida (Bueno, Torres Lozada, & Delgado Cabrera, 2014).

Un pH entre 7.5 y 8.5 ayuda a mantener la flora y fauna del cuerpo de agua y reduce la toxicidad potencial de ciertas sustancias (Gualdrón Durán, 2016).

4.7.2. Oxígeno Disuelto

Se refiere a la dosis de oxígeno en forma disuelta presente en el agua. Un cuerpo de agua superficial limpia suele estar llena de oxígeno, lo cual es esencial y de gran importancia para

los organismos acuáticos. Por otro lado, si el contenido de este parámetro es relativamente bajo, indica que está contaminada por materia orgánica, además, presenta una mala calidad de este recurso el cual no podrá soportar ciertas formas de organismos acuáticos (Villegas Jiménez, 2011) (Duque-sarango et al., 2018).

El oxígeno disuelto varía mucho según la época de lluvias y la temperatura ambiental. Por lo tanto, mientras más baja sea la temperatura del agua (5°C - 10°C) y exista la presencia de caudales altos, mayor será la concentración de este parámetro, lo que favorecerá a la disolución del oxígeno en el agua (Muñoz, Orozco, Vera, Suárez, & Jiménez, 2015).

4.7.3. DBO5

Representa el oxígeno total consumido en los 5 primeros días por los microorganismos que se encargan de biodegradar la materia orgánica en los cuerpos de agua. Su valor revela la calidad que adopta el agua desde la perspectiva de la presencia de materia orgánica y puede predecir la dosis de oxígeno necesaria para depurar esta agua (Muñoz Nava & Suárez Sánchez, 2012).

4.7.4. Nitratos

Es un compuesto incoloro e inodoro, sus fuentes de procedencia se concentran en fertilizantes, compost, estiércol, agentes de limpieza e inclusive en pozos sépticos que llegan al recurso hídrico mediante escorrentía y lixiviación. Este compuesto participa en forma de nutrientes y provoca eutrofización en el agua aumentando el consumo de oxígeno y la destrucción de los organismos acuáticos. Si se presenta con altas concentraciones en el agua provocará efectos nocivos en la salud humana (Pérez Díaz & Ortega Escobar, 2018).

4.7.5. Fosfatos (PO₄)

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 depositándose como sedimentos en los ecosistemas acuáticos (Bolaños Alfaro, Cordero Castro, & Segura Araya, 2017).

Una de las principales posibilidades de que los fosfatos entren al cuerpo de agua es por medio de la lluvia y acción de la escorrentía. Concentraciones excesivas de este parámetro en los cuerpos de agua, estimulan el desarrollo de plantas acuáticas y el aumento de la población de peces, llevando a consumir grandes cantidades de oxígeno y además afecta de forma negativa, impidiendo la entrada de los rayos del sol al agua alterando la vida acuática y produciéndose el proceso de eutrofización (Mendoza Caicedo & Rodriguez Lindao, 2018).

4.7.6. Nitrógeno amoniacal

Es un componente que se presenta en el agua de manera transitoria debido al ciclo de nitrógeno el cual se encuentra influenciado por la actividad de los microorganismos biológicos. Por lo tanto es un producto de origen natural debido a la degradación de compuestos orgánicos que contienen nitrógeno. El agua superficial generalmente no debe contener amoníaco (Villegas Jiménez, 2011).

4.7.7. Cloro Residual

Este compuesto sirve especialmente para la eliminación de microorganismos que son perjudiciales para la salud y que se encuentran en el agua, mediante un tratamiento de potabilización. Su concentración para aguas superficiales debe ser máximo 0,01 mg/L para mantener la vida acuática según la normativa ambiental vigente ecuatoriana.

4.8. Parámetros Microbiológicos del Agua

4.8.1. Coliformes Fecales

Se denominan como coliformes termo tolerantes debido a que pueden soportar temperaturas de hasta 45 ° C. Estos organismos constituyen la flora de coliformes totales, en general 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 Sarango et al., 2018). La mayoría de ellos son Escherichia coli y generalmente se mide en NMP/100 ml (Carrillo Zapata & Lozano Caicedo, 2008).

4.9. Estándares y criterios de calidad de aguas en Ecuador

En el Ecuador se ha promulgado el "Estándar de Calidad Ambiental y Descarga de Aguas Residuales" que establece una gestión integrada de los recursos hídricos para prevenir el impacto del ambiente (Tulsma, 2003).

4.9.1. Para la conservación y mantenimiento de la fauna y flora en agua dulce fría, cálida, de estuario y el océano del Ecuador

Esta normativa establece los límites máximos permisibles que debe tener ciertos parámetros del agua para la conservación de la fauna y flora, según lo mencionado a continuación:

“Se garantice el uso del agua para proteger animales y plantas, en actividades diseñadas para mantener la vida natural del ecosistema relevante sin causar sus cambios o usar el agua en actividades que puedan reproducir, sobrevivir, crecer, extraer y usar especies acuáticas biológicas mediante la pesca y la acuicultura” (Tulsma, 2003).

Los criterios de calidad para la protección de plantas, animales en agua dulce fría o cálida, en las aguas del estuario y el océano de Ecuador, se presentan a continuación:

Tabla 5: Límites permisibles en aguas superficiales dulces

Para el mantenimiento y conservación de fauna y flora en agua dulce del Ecuador		
<i>Parámetros</i>	<i>Unidad</i>	<i>Límites máximos permisibles</i>

Oxígeno Disuelto (O.D)	mg/l	No menor al 80% y no menor a 6 mg/l
Potencial de hidrógeno (pH)	-----	6, 5-9
Sulfuro de hidrógeno (H ₂ S)	mg/l	0,0002
Aluminio (Al)	mg/l	0,1
Cloro residual (Cl)	mg/l	0,01
Grasas y aceites	mg/l	0,3
Temperatura (°C)	°C	Condiciones naturales + 3 Máxima 20
Coliformes Fecales	NMP/100ml	200
Turbiedad	NTU	100
DBO ₅	mg/l	2
Sólidos Disueltos Totales (STD)	mg/l	1000
Nitratos (NO ₃)	mg/l	10

Fuente: (Tulsma, 2003)

4.9.2. Estándares de calidad de agua para uso humano y doméstico

Esta Normativa se aplica para el uso y captación del recurso hídrico, refiriéndose a aguas para el abastecimiento humano y doméstico, que requieran de un tratamiento convencional. Se debe realizar el cumplimiento de las siguientes pautas mencionadas a continuación:

Tabla 6: Límites máximo permisibles para aguas abastecimiento humano y doméstico

Criterios de calidad de agua para el abastecimiento humano y doméstico que únicamente requieran de un tratamiento convencional

<i>Parámetros</i>	<i>Unidad</i>	<i>Límite máximo permisible</i>
Oxígeno Disuelto (O. D)	mg/l	No menor a 80% y no menor a 6 mg/l
Potencial de hidrógeno (Ph)		6-9
Nitrito (NO ₂)	mg/l	1
Aluminio (Al)	mg/l	0,2
Plata (Ag)	mg/l	0,05
Grasas y aceites	mg/l	0,3
Temperatura (°C)	°C	Condiciones naturales + 3 Máxima 20
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	600
Turbiedad	NTU	100
DBO ₅	mg/l	2
Sólidos Disueltos Totales (STD)	mg/l	1000
Nitratos (NO ₃)	mg/l	10

Fuente: (Tulsma, 2003)

Estas normas establecen los límites de concentraciones máximas que deben cumplir ciertos parámetros del agua en un cuerpo hídrico superficial, ya sea para la protección y conservación de plantas y animales, así como también para el abastecimiento humano, sirviendo como referencia y estimación de calidad del agua en los ríos.

4.10. Índice de calidad de agua desarrollado por la Fundación de Saneamiento de los EE.UU (ICA - NSF)

El ICA es una parte del método de análisis y valoración de la calidad de agua que simplifica la agrupación de ciertos parámetros, estos a su vez sirven como indicadores del deterioro de

calidad del agua. No obstante para que este tipo de indexación sea factible una gran cantidad de variables o parámetros deben reducirse a una forma más simple, sacrificando parte de la información en el proceso de simplificación (Zuñiga, 2009).

Este índice utiliza valores numéricos para indicar el estado en que se encuentra el agua en términos de calidad, como es el caso del índice propuesto por Brown en 1965, cuyo propósito era tener un instrumento que pueda ser evaluada de la forma más objetiva, teniendo en cuenta las limitaciones de combinar parámetros en la selección de diferentes variables de calidad (Behar, Zúniga, & Rojas, 1997).

Dicho índice se desarrolló utilizando el método Delphi teniendo como objetivo reducir la gran cantidad de parámetros ambientales. Este método se basó en fusionar las opiniones de un grupo de 142 especialistas en gestión de calidad de los recursos hídricos de diferentes partes de Estados Unidos mediante tres estudios (Carrillo Alvarado & Urgilés Calle, 2016).

Para el primer caso de estudio se consideró 35 parámetros de contaminación, los cuales fueron calificados en categorías de 1 (mayor significancia) hasta 5 (menor significancia) en tres categorías acorde a si la variable o parámetro debe ser incluido, excluido o indeciso (Carrillo Alvarado & Urgilés Calle, 2016).

Para el segundo caso de estudio se identificó que 9 de los 35 parámetros eran de mayor importancia: coliformes fecales, DBO5, pH, fosfatos, nitratos, cambios de temperatura, sólidos disueltos totales, turbidez y oxígeno disuelto (Montalvo-Ochoa et al., 2020)

Por último, en el tercer caso de estudio se realizó una función matemática que consistía en generar curvas para cada parámetro. En el eje de las ordenadas (y) de cada curva y para cada variable se representó una escala de 0 hasta 100 mientras que para el eje de las abscisas (x) se localizó las diferentes concentraciones de los parámetros. Finalmente todas las curvas se

promediaron generando una línea para cada parámetro o variable (Carrillo Alvarado & Urgilés Calle, 2016).

Para la obtención del "ICA" intervienen nueve parámetros, que se relacionan de acuerdo a su importancia y sus pesos específicos:

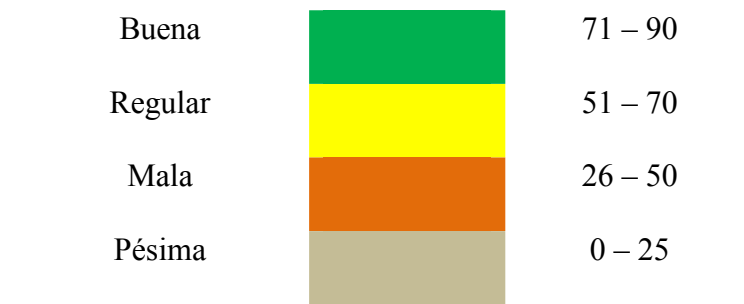
- Coliformes Fecales (NMP/100 ml)
- pH (unidades de pH)
- Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (DBO5 en mg/l)
- Nitratos (mg/l)
- Fosfatos (mg/l)
- Cambio de la Temperatura (° C)
- Turbidez (NTU)
- Sólidos disueltos totales (mg/ l)
- Oxígeno disuelto (% saturado)

4.10.1. Estimación de la calificación del índice de calidad de agua “ICA”

Para las mejores condiciones el valor máximo definido adoptado por el "ICA" es 100. A medida que aumenta la contaminación disminuye el número de calificación de los recursos hídricos estudiados. Después de calcular el "ICA-NSF", la calidad de un recurso hídrico (agua) se basa en la siguiente tabla:

Tabla 7: Clasificación del “ICA” propuesto por Brown

CALIDAD DE	COLOR	VALOR
AGUA		
Excelente		91 - 100



Fuente: (Brown R. M., 1970)

- Las aguas con un valor "ICA" mayor o igual a 71 tienen un alto grado de biodiversidad acuática. Así mismo el agua también será apta para todas las maneras de contacto directa con ella y solo será idóneo para el consumo humano después de su purificación (Lucas Vidal & Carreño Mendoza, 2018).
- El agua con una categoría de calificación "Regular" para "ICA" se clasifica como levemente contaminada, generalmente presenta menos biodiversidad acuática y el desarrollo de algas en el agua. Además en esta categoría se puede utilizar el agua para fines de recreación y riego de cultivos (León Vizcaíno, 2016).
- El valor "ICA" de calificación y categoría "mala" puede abarcar una baja biodiversidad acuática debido a las aguas que pueden estar pasando por problema de contaminación (Carrillo Alvarado & Urgilés Calle, 2016).
- Las aguas con valores "ICA" de categoría "Pésima" presenta una vida acuática limitada casi nula, los problemas de contaminación son muy abundantes y las actividades que involucran el contacto con estas aguas suelen ser inaceptables (Lucas Vidal & Carreño Mendoza, 2018).

5. METODOLOGÍA

5.1. Tipo de investigación

El presente proyecto corresponde a una investigación experimental y trabajo de campo incluyendo la evaluación y análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del Río Tutanangoza a fin de determinar la calidad de agua.

5.2. Caracterización de la Microcuenca

5.2.1. Delimitación de la microcuenca y análisis de sus variables

Se utilizó cartas topográficas 1:50000 otorgadas por el GAD del cantón Sucúa para proceder con el desarrollo del mapa base en este proyecto investigativo. Además, para la posterior determinación del uso y ocupación del suelo, red hidrológica, rutas accesibles y cobertura vegetal.

A partir de un MDT y teniendo en cuenta los principales factores topográficos, se realizó un análisis de curvas de nivel, donde se delimitó la cuenca hidrográfica de interés. Este proceso se realizó con la ayuda del software Arc Gis 10.3.

Las características que se analizaron fueron las siguientes:

5.2.2. Características Morfométricas

- El perímetro y el área de la microcuenca de interés fueron calculados directamente de la tabla de propiedades o atributos de Arc Gis mediante la herramienta de "Add file" se agregó los campos de interés necesarios y seguidamente con la herramienta de "Calculate Geometry" se determinó los valores de área (km²) y perímetro (Km).

Table				
Microcuenca del Río Tutanangoza				
FID	Shape *	MICROCUENC	AREA	PERIMETRO
0	Polygon	Río Tutanangoza	313,323626	85,1351

Figura 2: Ejemplo de cálculo de perímetro y área

Fuente: Autor

- Factor de forma: este parámetro se obtuvo aplicando la ecuación de Horton descrita en el marco teórico (Ecuación 1).
- Factor de compacidad: se determinó a través de la ecuación propuesta por Grevelius (Ecuación 2).
- Densidad de drenaje: a partir del software de Arc Gis se obtuvo como dato en la tabla de atributos la longitud total de cauces y seguidamente se aplicó la Ecuación 3 para determinar este parámetro.

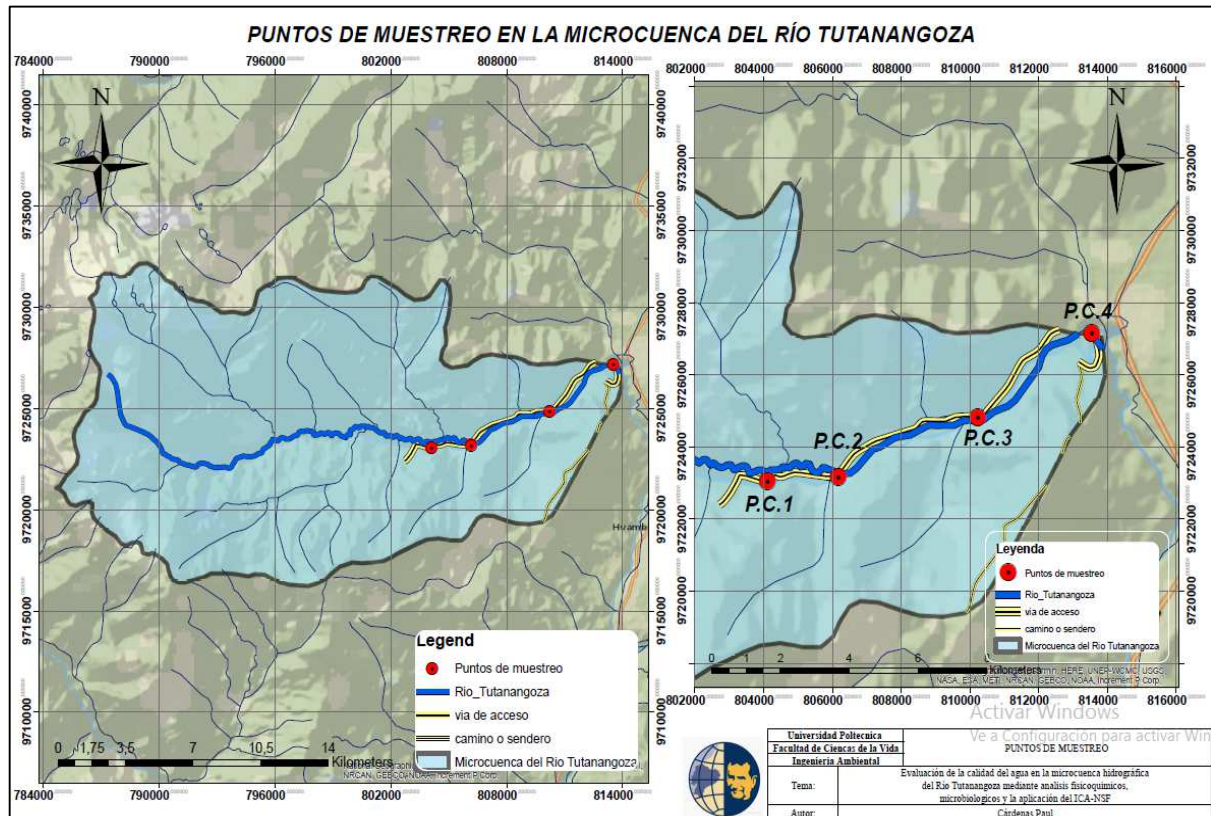
5.2.3. Parámetros de relieve y/o pendiente

A partir de un MDT de la microcuenca se procedió a utilizar la herramienta “3D Analyst Tools” para convertir la capa de “Tin a Raster”, seguidamente a partir de la imagen “Raster” se generó las curvas de nivel mediante la herramienta de “Slope” para obtener el mapa de pendiente en porcentajes con la ayuda del software Arc Gis 10.3.

5.3. Ubicación de la zona de estudio

Una vez obtenido los mapas base de la microcuenca del Río Tutanangoza se procedió a realizar una visita técnica de campo recorriendo 13 km accesibles. Basándose en la información geográfica y teniendo en cuenta los sistemas de accesibilidad, cobertura vegetal, uso actual del suelo, puntos de contaminación y actividades antrópicas desarrolladas cerca de las riberas del río, se determinó los puntos de monitoreo representativos y aptos para el transporte respectivo de las muestras y su conservación.

A lo largo del recorrido técnico y la accesibilidad del Río Tutanangoza se escogieron 4 puntos estratégicos con ayuda de un GPS de referencia, con el propósito de evaluar el índice de calidad de agua y determinar si sus parámetros cumplen con la normativa ambiental vigente ecuatoriana.



Mapa 4: Puntos de monitoreo y muestreo de agua en la microcuenca del Río Tutanangoza
Elaborado por: Autor

5.4. Campañas y frecuencia de muestreo

Las campañas de muestreo fueron realizadas en el periodo febrero-junio 2020 con el propósito de abarcar épocas secas y lluviosas en las zonas de estudio. Se consideró variables físico-químicas, microbiológicas y de temperatura con el objetivo de obtener una estimación de la calidad de agua en la microcuenca del Río Tutanangoza utilizando una frecuencia de muestreo mensual con un total de 3 campañas, para los meses de febrero, marzo y junio de 2020 (Ver Tabla 8).

Tabla 8: Frecuencia de muestreo

Código de punto de Muestreo	FECHA DE MUESTREO		
	Febrero (Feb-25)	Marzo (Mar-9)	Junio (Jun-26)
P.C.1	M1	M2	M3
P.C.2	M1	M2	M3
P.C.3	M1	M2	M3
P.C.4	M1	M2	M3

Nota. M1= Muestreo N° 1, M2= Muestreo N° 2, M3= Muestreo N° 3 **Fuente:** Autor

5.5. Toma y Conservación de las muestras

Según lo establecido por la normativa INEN 2176:2013 acerca del muestreo y conservación para el análisis de recursos hídricos, se estableció el tipo de muestra para la evaluación de calidad de agua en el río Tutanangoza, en donde se siguió todas las indicaciones emitidas por la norma, la cual establece lo siguiente:

- El muestreo debe realizarse en la mitad del río en donde existe mayor homogenización del agua.
- El envase debe ser enjuagado y lavado con el agua a muestrear.
- La recolección de la muestra debe ser a una profundidad media del río y contra corriente.
- Se debe utilizar guantes y equipo técnico de campo para evitar posibles alteraciones de la muestra.
- Se debe sellar el envase mientras siga sumergido en el agua para evitar burbujas y alteraciones en la muestra.



Ilustración 1: Toma de muestra en el Río Tutanangoza

Fuente: Autor

5.5.1. Tipo de muestra

Para el análisis de calidad del Río Tutanangoza se realizó por el método puntual, el cual consistió de muestras individuales recolectadas manualmente a una profundidad y fondo específico. Cada muestra solo manifestó la calidad de agua en el instante y lugar donde fue recolectada, con el objetivo de estimar si el agua cumple con el límite permitido o se desvía del valor promedio de calidad.

5.5.2. Conservación y etiquetado de muestras

Para la conservación de muestras se utilizó envases lavados con anticipación conforme lo indica la normativa INEN 2176:2013, en el caso de muestreo para el análisis de parámetros fisicoquímicos se utilizó envases de vidrio ámbar con boca angosta de 1200 ml, con el fin de evitar la exposición de la luz, entrada de aire y formación de burbujas. Finalmente para las

muestras de análisis microbiológico para coliformes fecales se utilizó envases esterilizados de polietileno de alta densidad con un volumen de 1200 ml



Ilustración 2: Envases para muestreo de agua

Fuente: Autor

Una vez tomada la muestra se procedió con el etiquetado respectivo en donde se ingresó su código de muestreo, lugar de recolección, fecha y hora con el fin de evitar confusiones o errores en su identificación.



Ilustración 3: Etiquetado de muestras

Fuente: Autor

Todas las muestras fueron almacenadas en una hielera portátil, la cual facilitaba mantener el interior del mismo a una temperatura por debajo de los 5 °C y conservar la calidad de las muestras para su análisis en el laboratorio en menos de 24 horas.

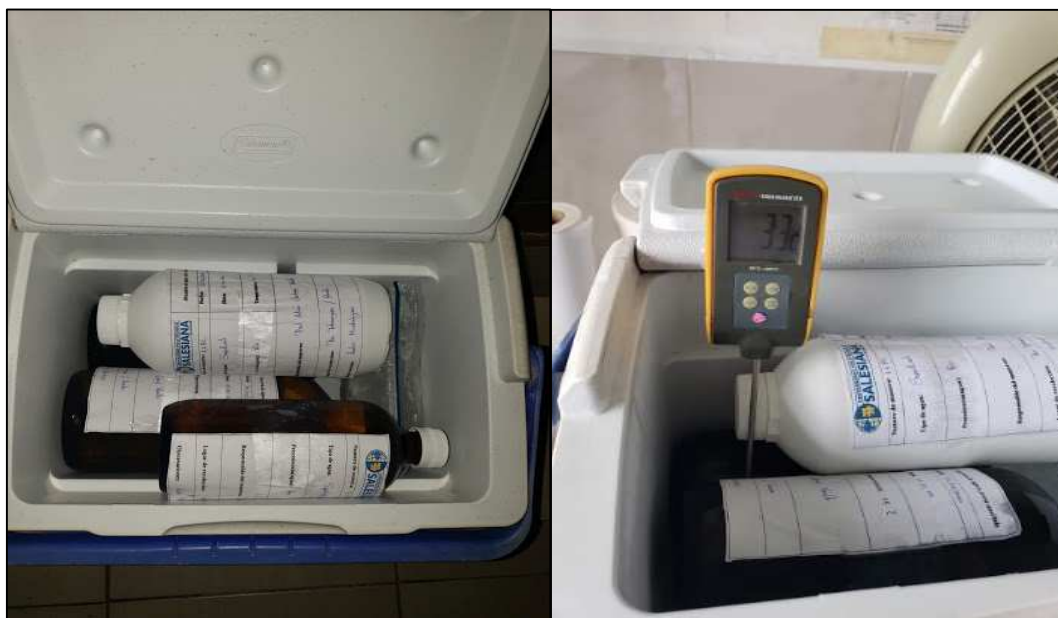


Ilustración 4: Conservación de muestras a 3.3 °C

Fuente: Autor

5.6. Métodos para el análisis de agua

En cuanto al análisis de todas las muestras realizadas, se utilizó equipos de laboratorio calibrados, reactivos químicos con una alta densidad de pureza y en un laboratorio especializado (EPMAF_SP de la ciudad de Sucúa). Para cada parámetro se realizó un método de análisis basándose en la Tabla 9 (Ver ANEXO 1).

Tabla 9: Métodos para el análisis de agua

Parámetro	Método de análisis
Temperatura del Agua	Medición directa con termómetro de mercurio in-situ
DBO5	Método de Winkler
Oxígeno Disuelto	HRDO
Coliformes Fecales	Número más probable (NMP)
pH	Método potenciométrico
Turbiedad	Turbidimetría
Sólidos Disueltos Totales	Conductimetría
Nitratos (NO3)	Espectrofotométrico
Fosfatos (PO4)	Espectrofotométrico

Elaborado por: Autor

5.7. Método para determinar el ICA-NSF

5.7.1. Cálculo del modelo matemático ICA-NSF

Para la determinación del índice de calidad ICA-NSF, se empleó la siguiente ecuación expresada por Brown (1970), quien indica que se debe realizar la suma ponderada lineal de los nueve subíndices. Las expresiones matemáticas para estas agregaciones son las siguientes:

$$ICA = \sum_{i=1}^9 (Sub_i * W_i)$$

Ecuación 4: Formula para determinar el índice de calidad de agua (ICA-NSF)

Dónde:

ICA: índice de calidad de agua.

Wi: El peso relativo asignado a cada variable o parámetro (Sub i), este peso está ponderado entre 0 hasta 1 de tal manera que su sumatoria resulte igual a 1.

Sub_i: Subíndices de la variable o parámetro *i*.

El peso de cada parámetro es:

Tabla 10: Pesos relativos para parámetros del “ICA”

<i>i</i>	<i>Sub_i</i>	<i>W_i</i>
1	Coliformes Fecales	0.15
2	Ph	0.12
3	DBO5	0.10
4	Nitratos	0.10
5	Fosfatos	0.10
6	Temperatura	0.10
7	Turbidez	0.08
8	Sólidos disueltos Totales	0.08
9	Oxígeno Disuelto	0.17

Fuente: (Brown R. M., 1970)

Brown & Barnwell (1987), indican que para cada variable existe una curva modelada, la cual correlaciona la concentración con la calidad de la misma. Esto indica que, en base al resultado del parámetro o variable (*i*) se obtuvo el valor del sub índice (Sub *i*). Este valor se consigue de la curva a partir de la concentración de la variable específica ubicada en el eje x (abscisa), para posteriormente determinar la magnitud de calidad ubicada en el eje y (ordenada), la cual se encuentra con valores de 0 hasta 100.

Las pautas que se siguieron para el cálculo de los (Sub *i*) del ICA-NSF fueron:

1. Al presentarse una concentración de coliformes de origen fecal superior que 100000 Bact/100 ml, (Sub 1) será equivalente a 3, caso contrario si la concentración es inferior a 100000 Bact/100 ml, busque este resultado en el eje X de la Figura 3 e interpole en el eje Y. El valor interpolado es (Sub 1) de los coliformes fecales.

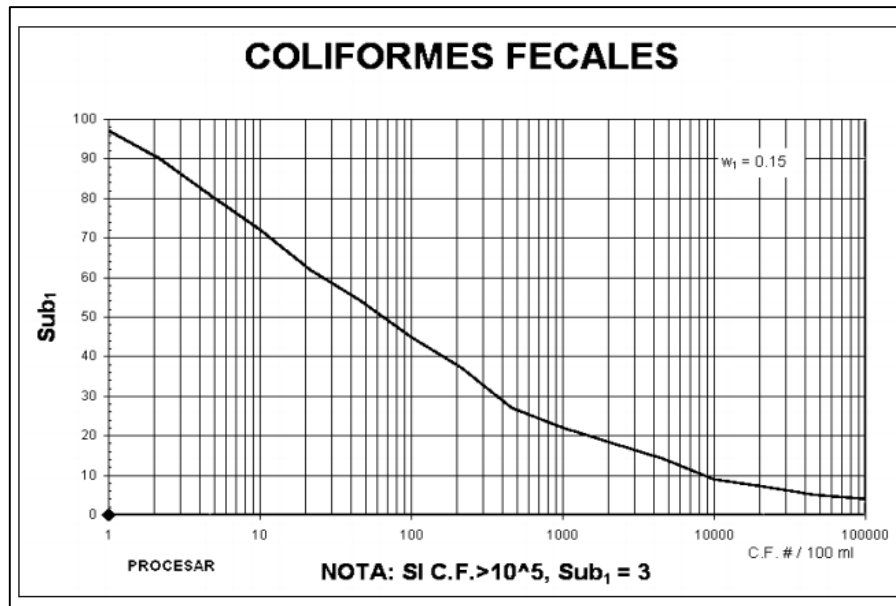


Figura 3: Tasa de relación entre la calidad de agua y Coliformes Fecales
Fuente: (Brown R. M., 1970)

2. Si la concentración de pH es igual o menor que 2 unidades, (Sub 2) será equivalente a 2, caso contrario, si la concentración es mayor que 12 unidades (Sub 2) será equivalente a 3. Por otro lado, si los resultados medidos de pH se encuentran entre valores de 2 y 10 unidades busque este resultado en el eje X de la Figura 4 e interpole en el eje Y. El valor interpolado es (Sub 2) del pH.

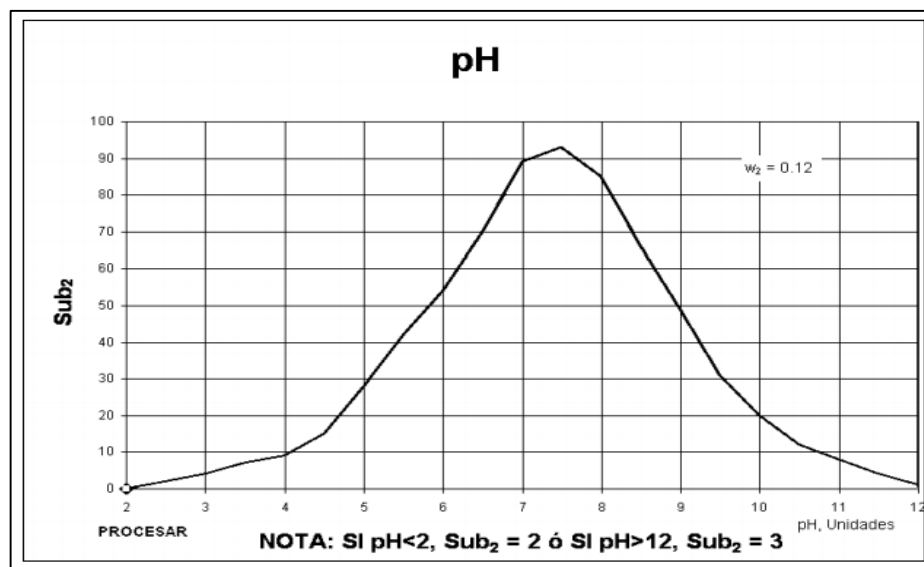


Figura 4: Tasa de relación entre la calidad de agua y el pH
Fuente: (Brown R. M., 1970)

3. Al presentarse una concentración de DBO5 superior que 30 mg/l, (Sub 3) será equivalente a 2, caso contrario si la concentración presentada es inferior a 30 mg/l, busque este resultado en el eje X de la Figura 5 e interpole en el eje Y. El valor interpolado es el (Sub 3) de la DBO5.

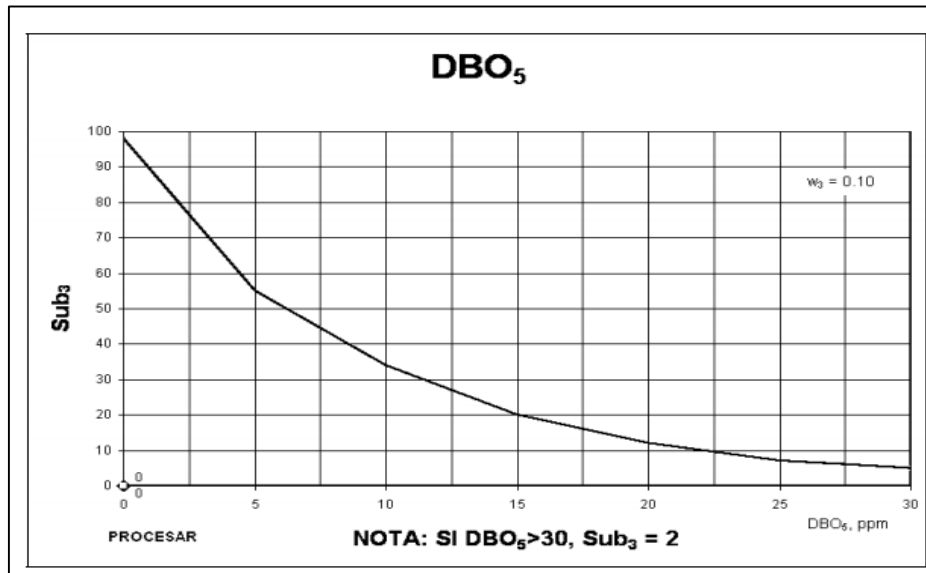


Figura 5: Tasa de relación entre la calidad de agua y la DBO5

Fuente: (Brown R. M., 1970)

4. Al presentarse una concentración de Nitratos superior que 100 mg/l, el (Sub 4) será equivalente a 1. Caso contrario, si la concentración presentada es inferior a 100 mg/l, busque este resultado en el eje X de la Figura 6 e interpole en el eje Y. El resultado interpolado es el (Sub 4).

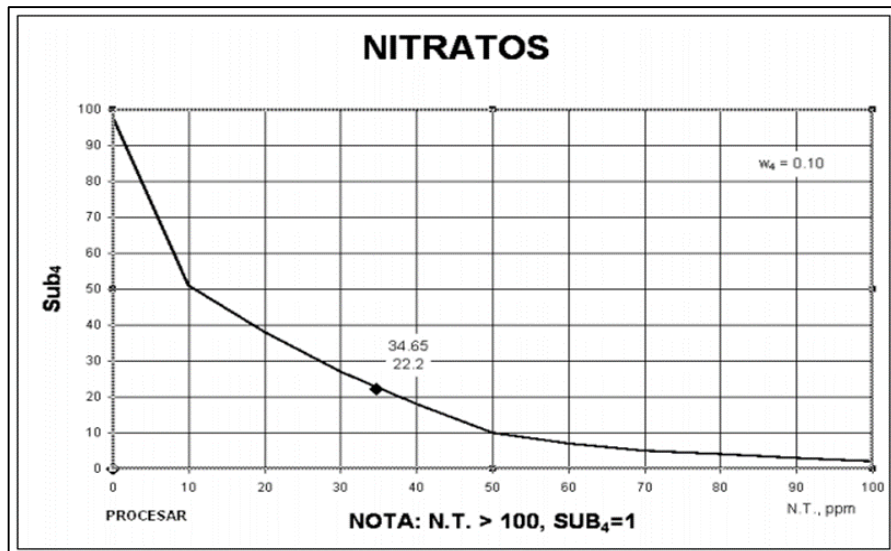


Figura 6: Tasa de relación entre la calidad de agua y los Nitratos
Fuente: (Brown R. M., 1970)

- Al presentarse una concentración de Fosfatos superior que 10 mg/l, el (Sub 5) será equivalente a 1. Caso contrario, si la concentración es inferior a 10 mg/l, busque este resultado en el eje X de la Figura 7 e interpole en el eje Y. El valor interpolado es (Sub 5) de Fosfatos.

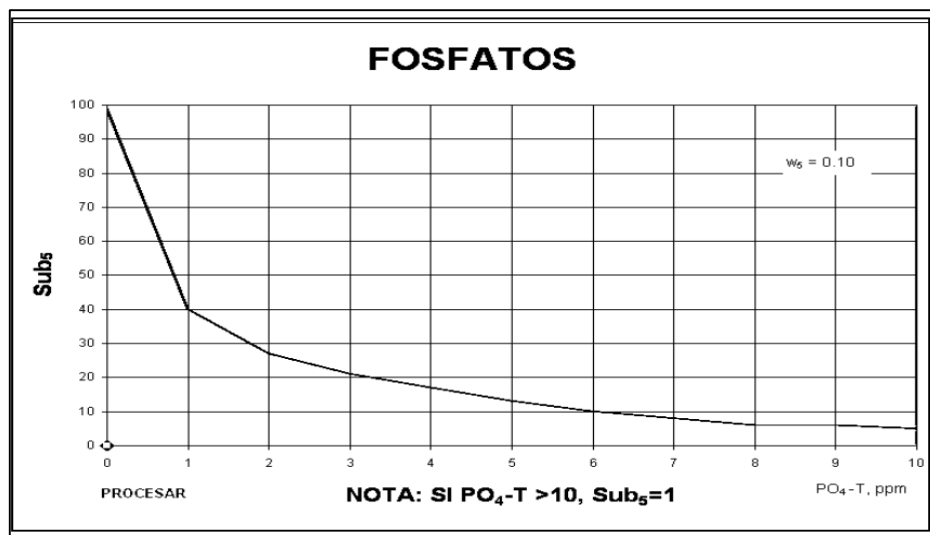


Figura 7: Tasa de relación entre la calidad de agua y los Fosfatos
Fuente: (Brown R. M., 1970)

- En este caso, primero se determina ΔT existente entre la temperatura ambiental $^{\circ}\text{C}$ y la temperatura de la muestra $^{\circ}\text{C}$, en base al resultado obtenido se inicia a lo siguiente:
 Si el valor de esta diferencia fue superior que 15°C el (Sub 6) será equivalente a 9.

Caso contrario si la diferencia es inferior a 15°C busque este resultado en el eje X de la Figura 8 e interpole en el eje Y. El resultado interpolado es el (Sub 6).

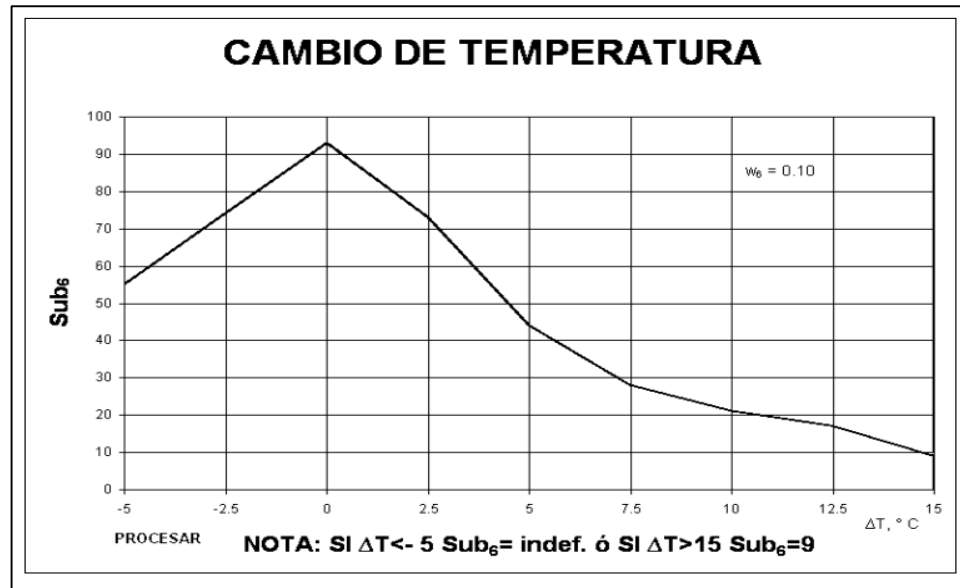


Figura 8: Tasa de relación entre la calidad de agua y la temperatura
Fuente: (Brown R. M., 1970)

7. Al presentarse una concentración de Turbidez superior que 100 NTU, el (Sub 7) será equivalente a 5. Caso contrario, si la concentración es inferior a 100 NTU, busque este resultado en el eje X de la Figura 9 e interpole en el eje Y. El valor interpolado es el (Sub 7) de Turbidez.

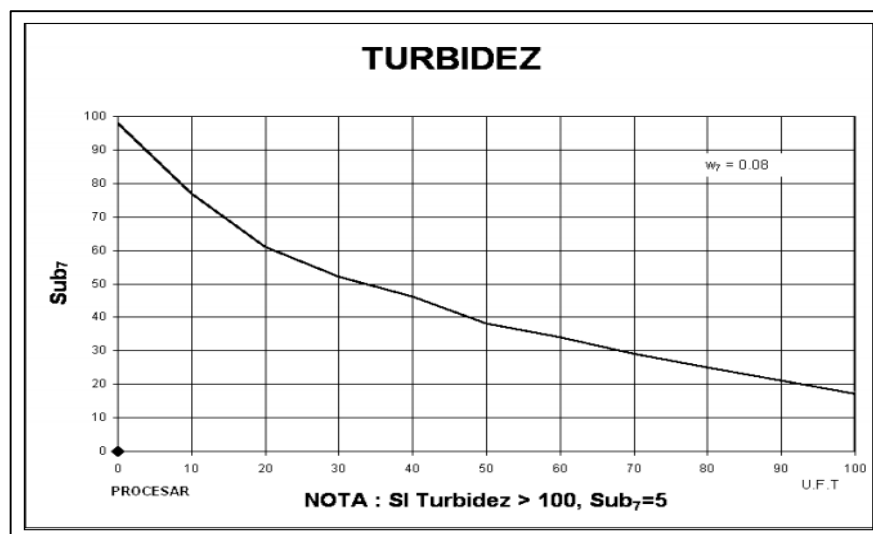


Figura 9: Tasa de relación entre la calidad de agua y la turbidez
Fuente: (Brown R. M., 1970)

8. Si la concentración de Sólidos disueltos Totales es superior o igual que 500 mg/l, el (Sub 8) será equivalente a 32. Caso contrario, al presentarse una concentración inferior a 500 mg/l, busque este resultado en el eje X e interpole en el eje Y. El valor interpolado es el (Sub 8) de SDT.

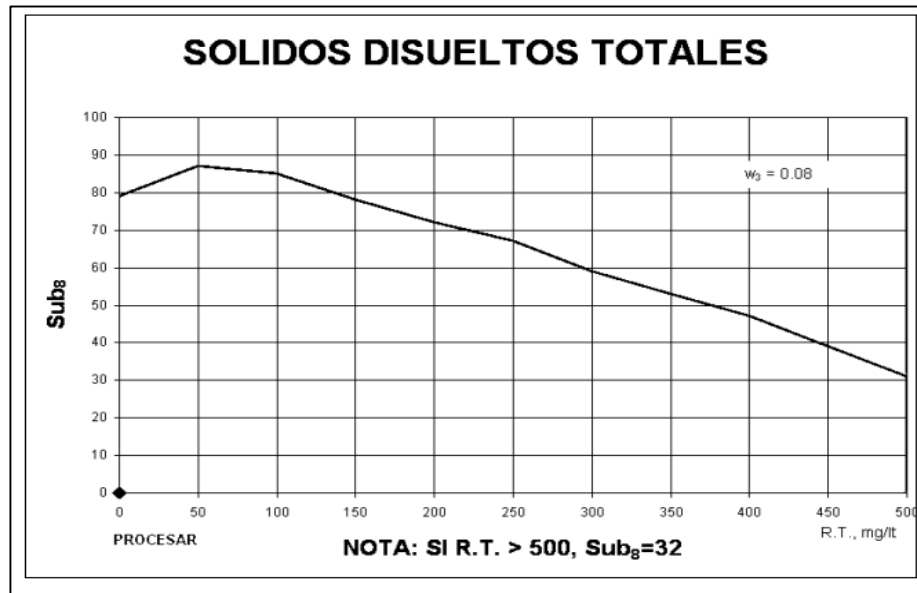


Figura 10: Tasa de relación entre la calidad de agua y sólidos disueltos totales
Fuente: (Brown R. M., 1970)

9. Para la variable o parámetro de OD, la saturación del agua en forma de porcentaje se debe calcularse primero. Para ello se identificó el resultado de saturación del oxígeno con respecto a la temperatura de agua.

Tabla 11: Solubilidad de oxígeno disuelto en el agua dulce con respecto a la temperatura

Temp.	OD	Temp.	OD	Temp.	OD	Temp.	OD
°C	mg/L	°C	mg/L	°C	mg/L	°C	mg/L
1	14.19	12	10.76	23	8.56	34	7.05
2	13.81	13	10.52	24	8.4	35	6.93
3	13.44	14	10.29	25	8.24	36	6.82
4	13.09	15	10.07	26	8.09	37	6.71
5	12.75	16	9.85	27	7.95	38	6.61
6	12.43	17	9.65	28	7.81	39	6.51
7	12.12	18	9.45	29	7.67	40	6.41
8	11.83	19	9.26	30	7.54	41	6.31
9	11.55	20	9.07	31	7.41	42	6.22
10	11.27	21	8.9	32	7.28	43	6.13
11	11.01	22	8.72	33	7.16	44	6.04

Fuente: (Valiente Barderas & Noriega Bernecha, 1993)

Seguidamente si el % saturado del OD es igual o mayor que 140%, el (Sub 9) será equivalente a 50. Caso contrario, si porcentaje es inferior a 140%, busque este resultado en el eje X de la Figura 11 e interpole en el eje Y. El resultado interpolado es el (Sub 9).

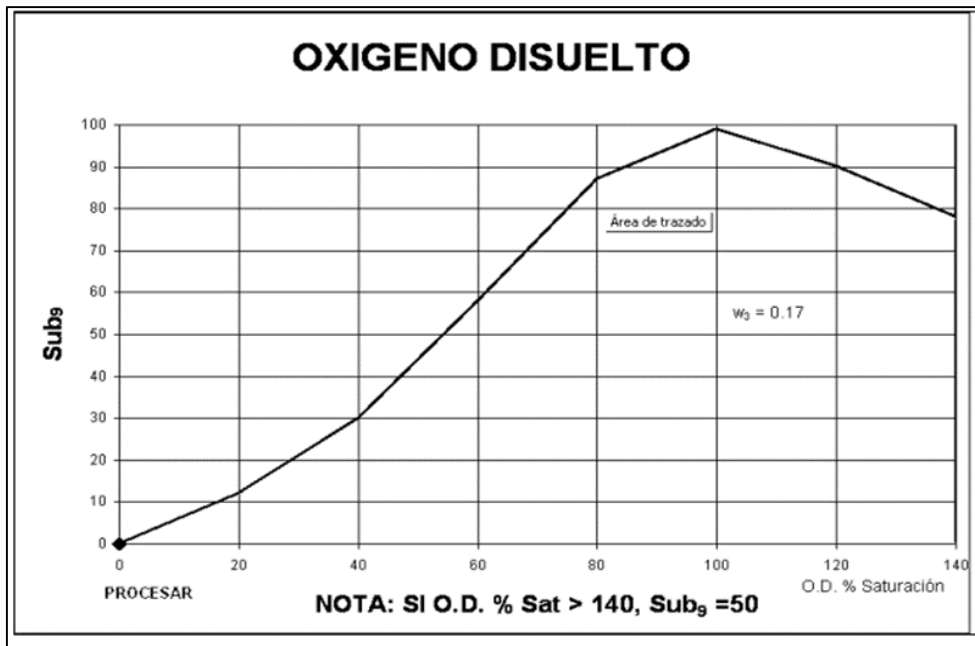


Figura 11: Tasa de relación entre la calidad de agua y el oxígeno disuelto.

Fuente: (Brown R. M., 1970)

5.8. Método de flotador para el cálculo del caudal

5.8.1. Materiales

En la ejecución del trabajo en campo se utilizó los siguientes materiales:

- Estacas
- Flexómetro
- Cuerda
- Cronómetro
- Flotador



Ilustración 5: Materiales para el cálculo del caudal

Fuente: Autor

5.8.2. Cálculo de la velocidad de la corriente

Para el cálculo de la velocidad del flujo del río, se utilizó un flotador superficial de plástico con forma redondeada, con el propósito que adquiriera la velocidad del agua circundante (Burbano Legarda, 2000).

Se definieron tramos de entre 5 y 10 metros tomando en cuenta la uniformidad de la corriente, con el objetivo de trazar las secciones de aforo y obtener la velocidad del flujo mediante el trascurso del flotador (OMM, 2011).

La velocidad del flujo se determinó por medio de la siguiente fórmula:

$$V = \frac{L}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i}$$

Ecuación 5: Velocidad de la corriente

Dónde:

V= Velocidad de la corriente (m/s)

n= Número de registros de tiempo

L= longitud del tramo que recorre el flotador (m)

t= tiempo que tarda en recorrer el flotador en un tramo definido (s)

$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$ = Sumatoria de todas las mediciones obtenidas en una longitud establecida (s)



Ilustración 6: Velocidad del flotador en el transcurso de dos secciones transversales

Fuente: Autor

Se realizó un total de 15 mediciones del transcurso del flotador por las secciones de aforo en las diferentes líneas de flujo a lo ancho del cauce, con el propósito de obtener una mayor optimización de los tiempos cronometrados.

5.8.3. Factor de ajuste (F) para la velocidad del transcurso de un flotador en función de la relación (R), entre la profundidad del flotador sumergido y profundidad promedio del agua

La profundidad de inmersión de un flotador es relativamente poco profunda, ocupando menos de un cuarto de profundidad del agua. La velocidad corregida de la corriente, es igual a un producto entre la velocidad del flotador y un factor basado en la forma vertical del perfil y la profundidad de inmersión del flotador (OMM, 2011).

Según la Organización Meteorológica Mundial (OMM) conjuntamente con otros autores Basán Nickisch (2018) e Hidalgo Tamayo (2017) recomiendan utilizar un factor F de ajuste (Ver Tabla 12), del cual se obtuvo una estimación aproximada de la velocidad media que presenta el flujo del cauce (Ver ANEXO 2).

Tabla 12: Factor de ajuste (F) para la velocidad del transcurso de un flotador en función R (Relación entre el hundimiento relativo del flotador y la profundidad del río)

R	F
0,10 o menos	0,86
0,25	0,88
0,50	0,90
0,75	0,94
0,95	0,98

Fuente: (OMM, 2011)

5.8.3.1. Cálculo del Área

Para el cálculo del área se procedió a realizar métodos topográficos de estacas y cuerda que consistió en trazar secciones transversales a lo largo del río por su aforo, fijando dos líneas en paralelo a lo ancho del río y separadas entre 5 y 10 metros, de tal manera que el cauce sea perpendicular a las secciones trazadas. Finalmente se determinó la profundidad en base a mediciones a lo ancho del río cada 1 metro hasta completar la sección trasversal fijada (Ver ANEXO 3).

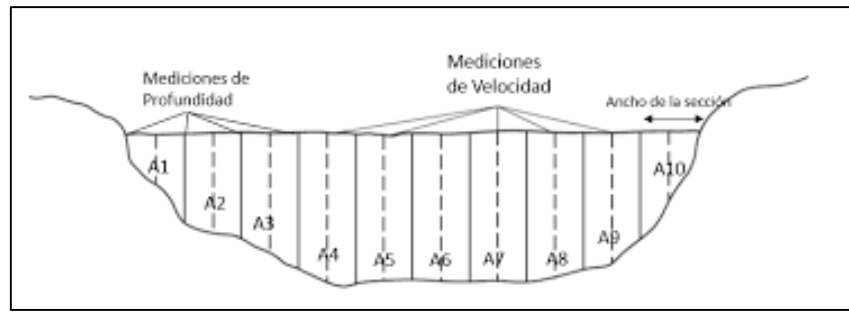


Figura 12: Sección de un área transversal

Fuente: (Kennedy Pérez, Fragoza Díaz , Peña Peña, & Moreno Bañuelos, 1992)



Ilustración 7: Medición de una sección transversal en el Río Tutanangoza

Fuente: Autor

Para el cálculo del área de una sección se utilizó el método del trapecio mediante la siguiente ecuación:

$$A1 = \frac{h0 + h1}{2} * T1$$

Ecuación 6: Cálculo del área de una sección

Dónde:

h0, h1= alturas de la sección (m)

T1= ancho de cada sección (m)



Ilustración 8: Profundidad del Río Tutanangoza en una sección transversal cada metro

Fuente: Autor

Finalmente, para obtener el área total de una sección transversal se realizó la sumatoria de todas las áreas medidas cada metro.

$$A = \sum A_i$$

Ecuación 7: Cálculo del área total

5.8.3.2. Cálculo del caudal

En este apartado se determinó el caudal total a partir de la Ecuación 8 conjuntamente con el factor F de velocidad corregida.

$$Q = A * V * (F)$$

Ecuación 8: Cálculo del caudal

Dónde:

Q= Caudal (m³/s)

A=Área de sección transversal total (m²)

V=Velocidad promedio

F= factor de velocidad corregida

6. RESULTADOS Y ANÁLISIS

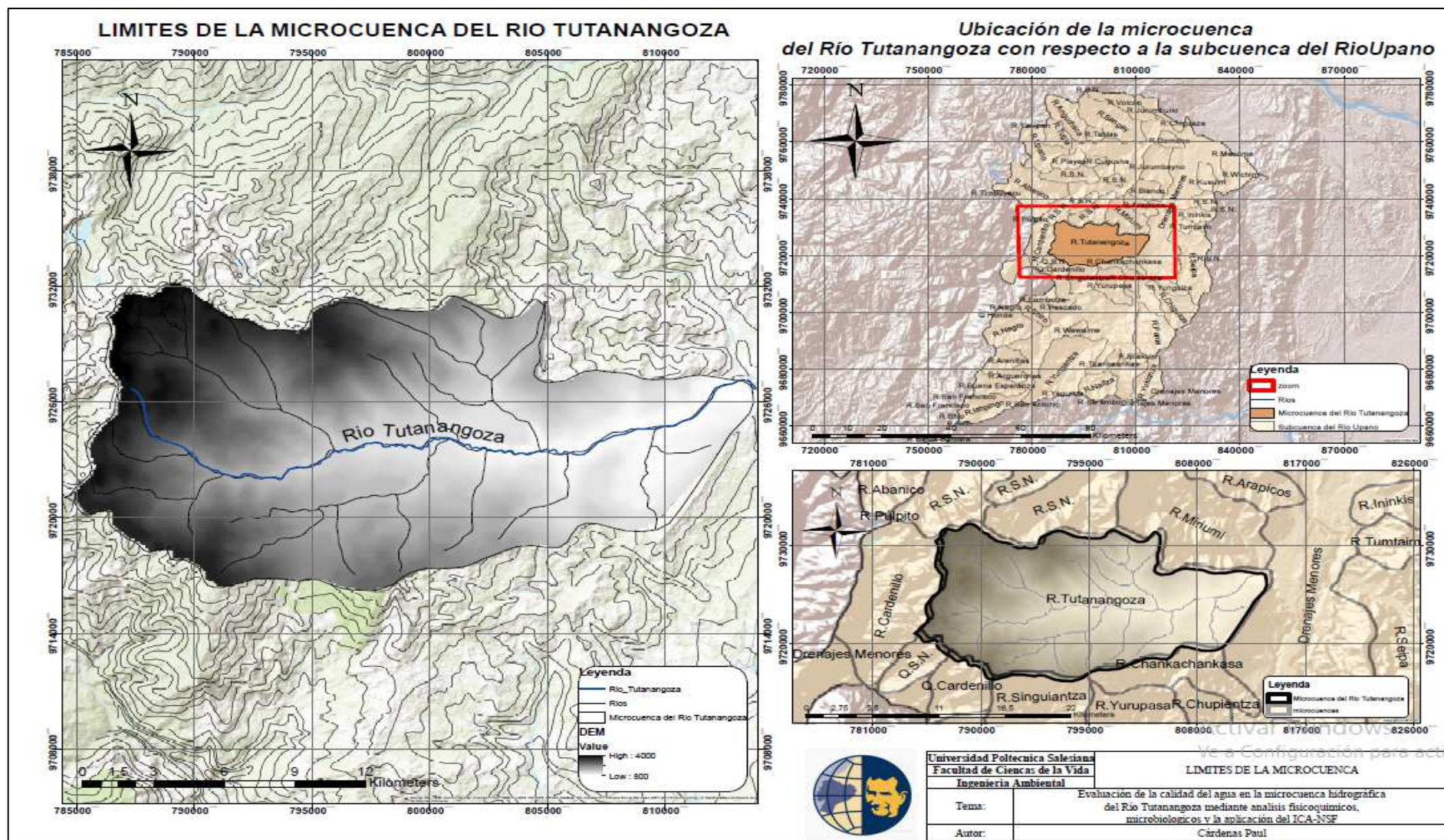
6.1. Caracterización de la microcuenca del Río Tutanangoza

6.1.1. Límites de la microcuenca

La microcuenca del Río Tutanangoza está ubicada geográficamente en la provincia de Morona Santiago, específicamente en los cantones de Sucúa y Morona.

Forma parte de la subcuenta del Río Upano y sus límites son los siguientes:

- Norte: Microcuenca del Río Miriumi.
- Sur: Microcuenca del Río Singuiantza, microcuenca del Río Yurupasa y microcuenca del Río Chankachankasa.
- Este: Drenajes Menores de las microcuencas
- Oeste: Microcuenca del Río Cardenillo.



Mapa 5: Límites de la microcuenca del Río Tutanangoza

Fuente: Autor

6.1.2. Características Morfométricas

Tabla 13: Características Morfométricas

CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS EN LA MICROCUENCA DEL RÍO TUTANANGOZA	
Área	313,32 Km ²
Perímetro	85,13 km
Longitud de la cuenca	29,77 Km
Longitud del cauce principal (Río Tutanangoza)	33,66 Km
Factor de Forma (Horton Kf)	0,35
Coefficiente de Compacidad Kc	1,35
Orden de Ríos	4
Densidad de Drenaje	0,51 Km/ Km ²
Altura Máxima	4000 m.s.n.m
Altura Mínima	800 m.s.n.m
Altura Promedio	2042,01 m.s.n.m
Pendiente Media	32,27%

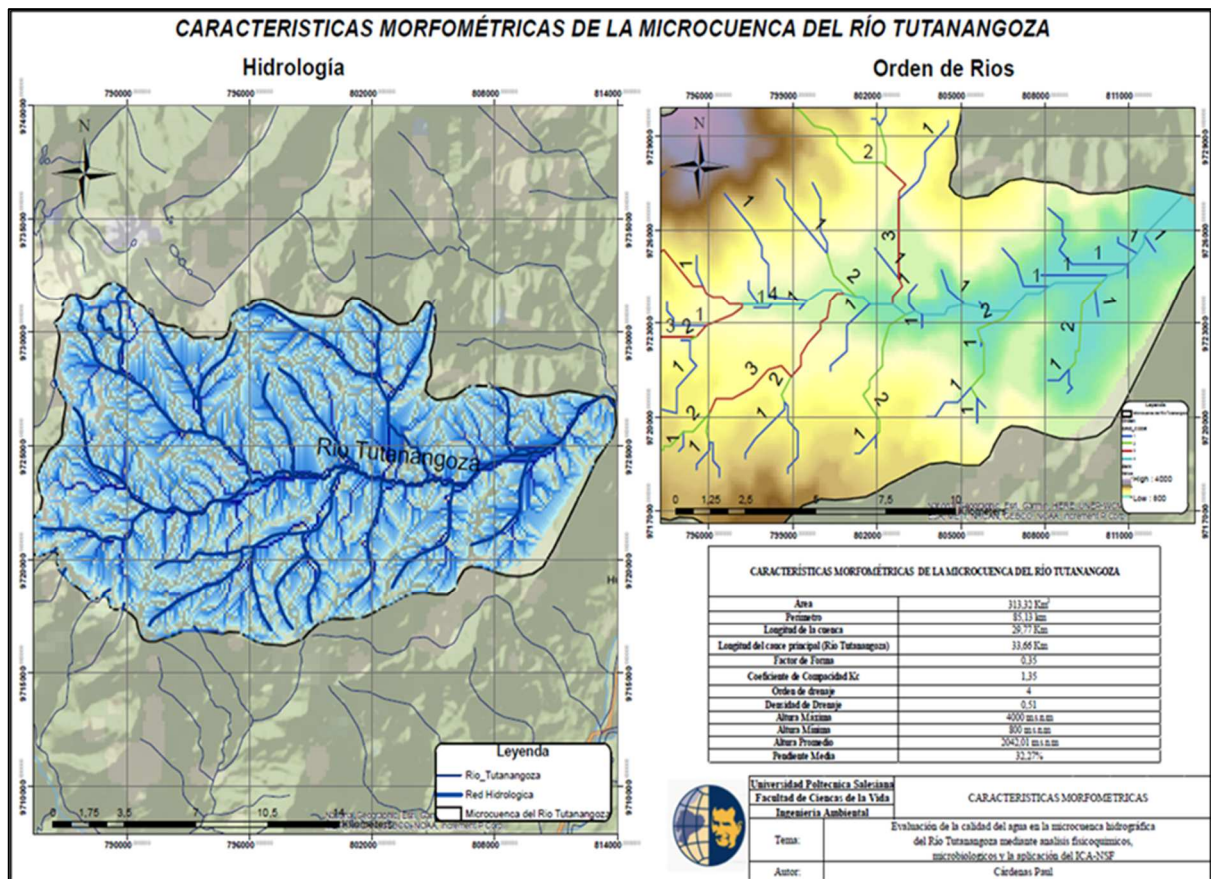
Fuente: Autor

La microcuenca del Río Tutanangoza presenta un factor de forma Kf de 0,35, lo cual indica que posee una forma “ligeramente alargada” (Ver Tabla 1). Considerada por Chamorro, Cantero, & Ocampo (2018), como un bajo factor de forma y que está medianamente propensa a crecidas e inundaciones que una de igual área y superior factor de forma.

Por otro lado, presenta un coeficiente de compacidad Kc de 1,35 considerada por Gravelius (1914), como una microcuenca de forma oval redonda a oval alargada presentando una concentración de escurrimiento media (Ver Tabla 2)

6.1.3. Sistema de drenaje

La microcuenca del Río Tutanangoza presenta un sistema de red hidrológica conformada por: ríos, lagos y quebradas. Tiene una densidad de drenaje de 0,51 Km/ km², dando a conocer que posee un sistema de drenaje pobre (Ver Tabla 3) y es considerada por Camino, Bó, Cionchi, & Del Río (2018), como una cuenca que aumenta la infiltración, debido a su pendiente moderada alta, cobertura vegetal y materiales permeables.



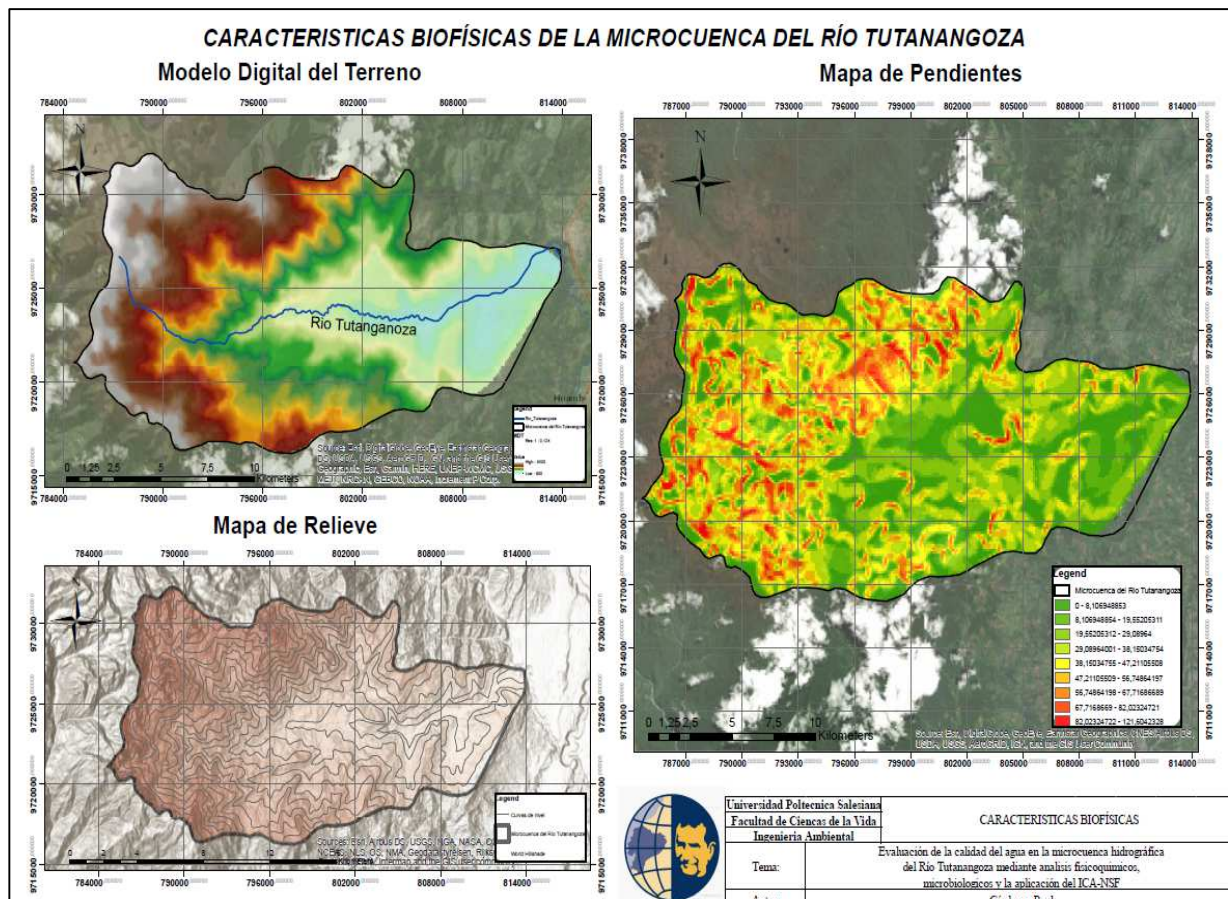
Mapa 6: Características morfométricas en la microcuenca del Río Tutanangoza
Elaborado por: Autor

6.1.4. Características Biofísicas

6.1.4.1. Relieve y/o Pendiente

La pendiente promedio de la microcuenca del Río Tutanangoza es de 32,27%, indicando que se encuentra fuertemente accidentado, debido a las presencias de sistemas montañosos en la mayor parte de la microcuenca, estas a su vez oscilan desde 0 % hasta 121,60 %, es decir desde presencia de terrenos llanos hasta muy escarpados e inclinados (Ver Tabla 4).

El punto más alto se encuentra a los 4000 m.s.n.m, mientras que el más bajo a los 800 m.s.n.m, presentando una longitud total de 29.77 Km (Ver Tabla 13).



Mapa 7: Características Biofísicas de la microcuenca del Río Tutanangoza

Elaborado por: Autor

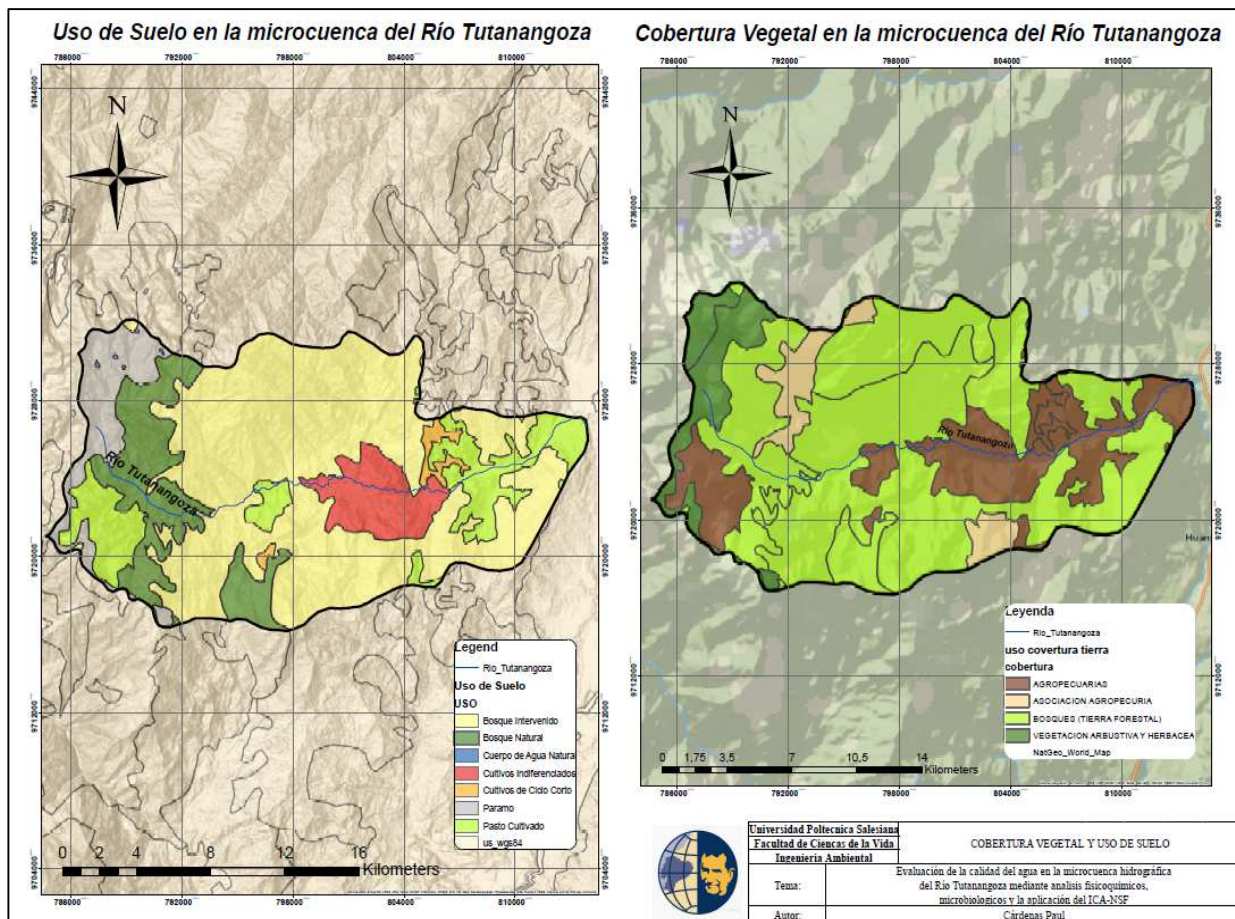
6.1.5. Cobertura vegetal ocupación y uso del suelo

En la microcuenca del Río Tutanangoza predomina las actividades agropecuarias, por ende se encuentra ocupando la mayor área tanto en la parte media como en la baja de esta microcuenca, con un valor de 179,39 km², los cuales representa el 57,25 % del área total, por otro lado existe el uso y ocupación del suelo para cultivos de ciclo corto, pastos cultivados, recursos hídricos naturales, vegetación arbórea y espacios destinados a la conservación en las distintas zonas, ocupando los 133 km² restantes del área total de la microcuenca del Río Tutanangoza (Ver Tabla 14)

Tabla 14: Cobertura vegetal y ocupación del suelo en la microcuenca del Río Tutanangoza

Uso de suelo y Cobertura vegetal	Zona	Descripción	Área (Km2)
Bosque Intervenido	Media y baja	Agropecuaria forestal	179,39
Bosque Natural	Alta y media	Conservación y protección	42,17
Cuerpos de Agua Natural	Alta	Fuentes Hídricas naturales	0,194
Cultivos Indiferenciados	Media y baja	Vegetación Arbustiva y herbácea	21,81
Cultivos de Ciclo Corto.	Baja	Asociación agropecuaria y agricultura	4,27
Páramo	Alta	Vegetación arbustiva y herbácea nativa	24,72
Pasto Cultivado	Alta, media y baja	Arboricultura tropical y vegetación arbustiva	40,75

Fuente: Autor



Mapa 8: Ocupación del suelo y cobertura vegetal de la microcuenca del Río Tutanangoza
Elaborado por: Autor

6.1.6. Sistema de Comunicación e Infraestructura

- **Vías de acceso**

En la microcuenca se encuentra una vía principal que sirve de comunicación entre la Ciudad de Sucúa, la parroquia Asunción y sus comunidades tales como: Santa Teresita y Sunkants, cabe mencionar que esta vía se encuentra en constante mantenimiento otorgado por el GAD parroquial debido a la comunicación de los moradores para el comercio de la agricultura, ganadería y visitas turísticas.

Esta vía se extiende a lo largo de las comunidades mencionadas con anterioridad llegando a una longitud de 13,42 km el cual se extiende desde la parte baja de la microcuenca hasta su parte media. Existen caminos o senderos para el traslado de animales vacunos, comunicación

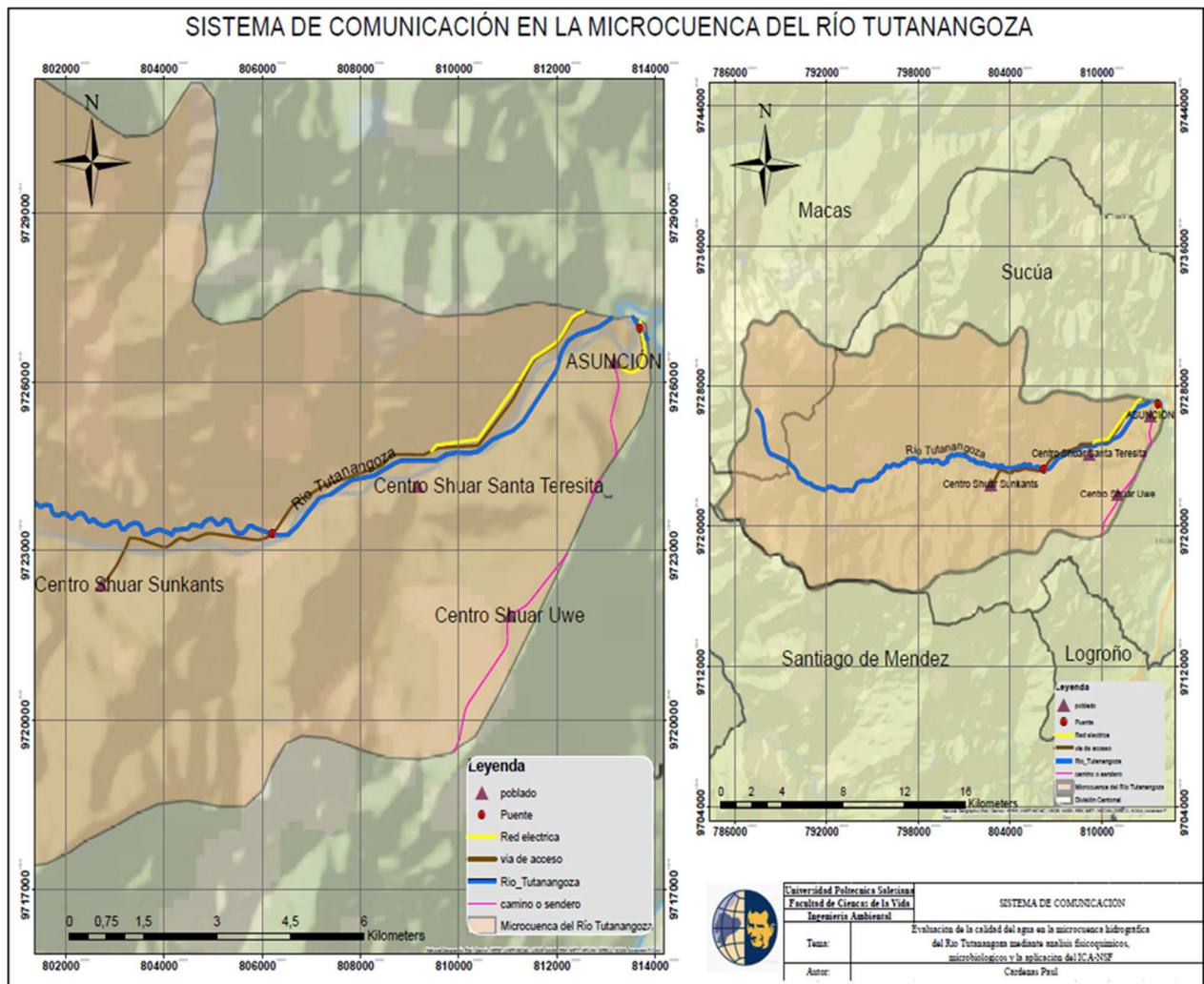
vecinal y turismo. Para el acceso entre la ciudad de Sucúa, la parroquia Asunción y sus comunidades, el GAD del cantón Sucúa otorgó un puente sobre el río Tutanangoza como infraestructura.

- **Transporte**

Existe un bus urbano “Trans Sucúa” que recorre cada 45 minutos la vía principal de acceso hacia la parroquia Asunción y la comunidad Santa Teresita con el objetivo de trasladar a niños y adultos quienes realizan sus actividades en la ciudad de Sucúa. Por otra parte, existe el transporte mediante taxis o carros particulares con el objetivo de realizar turismo en las diferentes zonas de la microcuenca.

- **Red eléctrica**

La red eléctrica se extiende desde la ciudad de Sucúa pasa por la parroquia Asunción y llega hasta la comunidad de Santa Teresita otorgada por la empresa pública eléctrica, cabe mencionar que no todas las viviendas poseen dicho servicio según un censo realizado en el año 2015, donde se da a conocer la información proporcionada por la Empresa Eléctrica (CENTROSUR) que existen 381 viviendas de las cuales el 80% posee el servicio procedente de la red.



Mapa 9: Sistema de comunicación en la microcuenca del Río Tutanangoza

Elaborado por: Autor

6.1. Puntos de control y muestreo de calidad de agua en la microcuenca del Río Tutanangoza

En la Tabla 15 se dan conocer a detalle los puntos establecidos para el monitoreo de la zona de estudio, conjuntamente con su sitio de recolección de muestras y su posicionamiento geográfico UTM Zona 17s con Datum WGS84.

Tabla 15: Puntos de control y muestreo de la calidad de agua en el Río Tutanangoza

Código de Muestreo	Sitio	Coordenadas UTM	Altitud
P.C.1	Comunidad	ESTE: 804111	
	Sunkants	SUR: 9723055	955 m.s.n.m
P.C.2	Comunidad Santa	ESTE: 806166	
	Teresita	SUR: 9723180	856 m.s.n.m
P.C.3		ESTE: 810221	
	Concesión Minera	SUR: 9724821	814 m.s.n.m
P.C.4	Parroquia	ESTE: 813532	
	Asunción	SUR: 9727154	801 m.s.n.m

Fuente: Autor

El punto 1 (P.C.1) se encuentra en la parte media de la microcuenca específicamente cerca de la comunidad “Sunkants”, en donde existe alta densidad de vegetación propia de la zona y bosques nativos. Además, se observó escasa actividad ganadera y agrícola.



Ilustración 9: Punto de monitoreo P.C.1 en el Río Tutanangoza

Fuente: Autor

El punto 2 (P.C.2) se encuentra en la zona media de la microcuenca, cerca de la comunidad de “Santa Teresita” en donde existe gran actividad ganadera y agricultura. En esta comunidad existen pocas viviendas de las cuales no están dotadas de servicios sanitarios básicos. Además, se observó animales vacunos cerca de las riberas del río.



Ilustración 10: Punto de monitoreo P.C.2 en el Río Tutanangoza

Fuente: Autor

El punto 3 (P.C.3) se encuentra en la zona baja de la microcuenca presentando actividades ganaderas cerca de la rivera del Río Tutanangoza y actividad de minería específicamente de extracción de materiales pétreos. Además de los materiales rocosos y sedimentos extraídos y despejados, este lugar también presenta vegetación dispersa dominada por plantas endémicas y arbustivas.



Ilustración 11: Punto de monitoreo P.C.3 en el Río Tutanangoza

Fuente: Autor

El punto 4 (P.C.4) se encuentra en la parte baja de la microcuenca específicamente en la parroquia Asunción en donde existe actividades turísticas propias de la zona, actividad agrícola y ganadera. Se observó que en esta parroquia no existe los servicios de alcantarillado por ende sus aguas residuales son descargadas en riachuelos y quebradas las cuales llegan al río principal de la microcuenca.



Ilustración 12: Punto de monitoreo P.C.4 en el Río Tutanangoza (época de lluvia – época seca)

Fuente: Autor

6.2. Variación de parámetros físicos, químicos y microbiológicos

Una vez obtenido los datos de análisis de cada muestra y en cada punto de monitoreo (Ver ANEXO 4), se procedió a realizar la interpretación de los resultados para cada parámetro. Para ello se elaboró gráficos que vinculan los cambios temporales y espaciales de las concentraciones para cada variable.

6.2.1. Parámetros físicos

- **Temperatura**

En la Figura 13 se puede observar la variación en aumento de la temperatura en los distintos puntos de monitoreo, esto debido a la altitud de cada punto y la hora de recolección de cada muestra. Se puede observar que el mes en el que predomina mayor temperatura es el de marzo específicamente en el punto P.C.4 con un valor de 19,3 °C, mientras que el valor mínimo registrado en la campaña de muestro se encuentra en el punto P.C.1 con un valor de 15 °C para el mes de febrero.

Según estudios realizados por Zouiten (2012), indica que al incrementarse la temperatura del agua se reduce la cantidad de oxígeno produciendo eutrofización y proliferación de organismos patógenos afectando a los ecosistemas acuáticos.

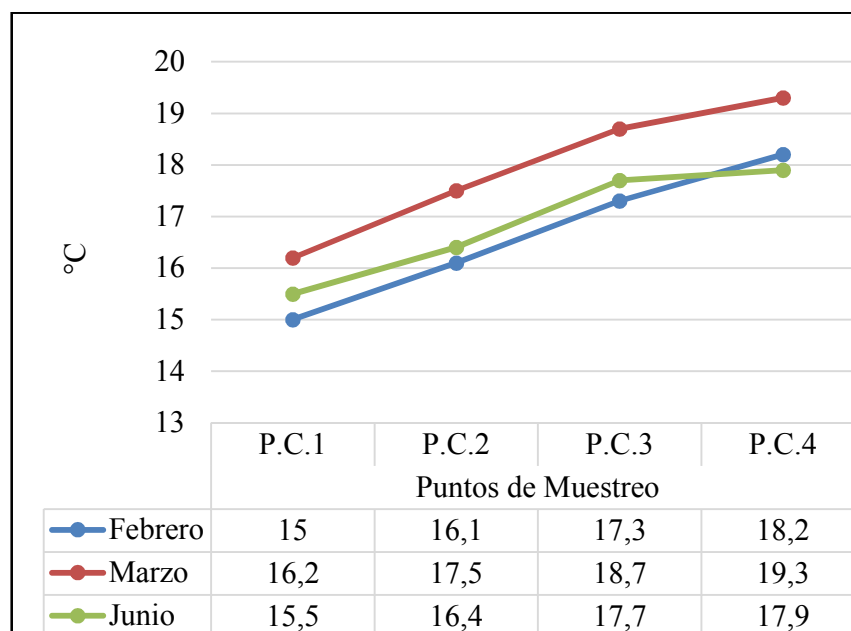


Figura 13: Variación espacio-temporal de la temperatura (°C) medidos en el Río Tutanangoza, 2020

Fuente: Autor

- **Turbiedad**

En la Figura 14 se puede observar que existe mayor turbiedad en el punto P.C.4, ubicado aguas abajo de la microcuenca, recibiendo todas las descargas, este resultado se obtiene específicamente en el mes de febrero con valor máximo registrado de 222,4 NTU, debido al incremento del caudal, provocando el arrastre de partículas sólidas, producto de altas precipitaciones en la zona de estudio.

Por otra parte, se observa que el mes de marzo existe menor turbiedad en las zonas de monitoreo con un valor mínimo registrado de 4,33 NTU en el punto P.C.1 el cual se encuentra en la parte media de la microcuenca sin intervención de actividades antrópicas.

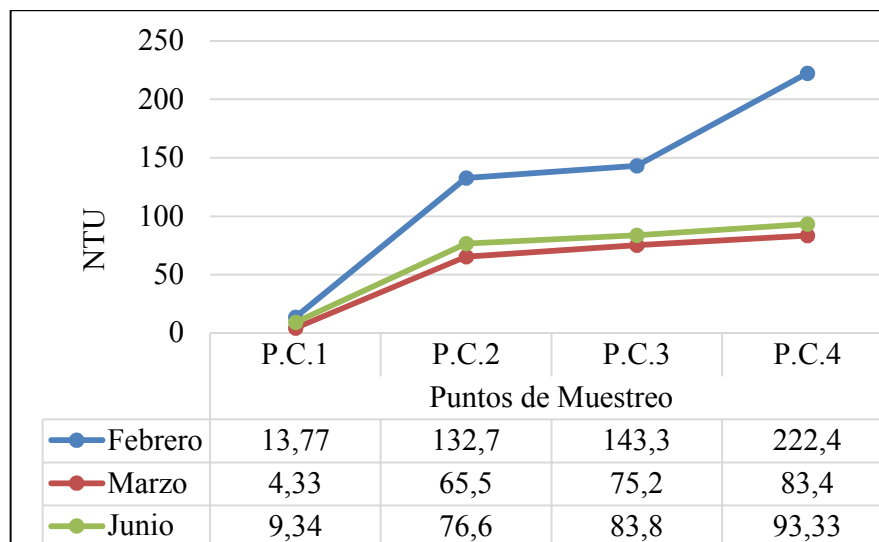


Figura 14: Variación espacio-temporal de la turbiedad (NTU) medidos en el Río Tutanangoza, 2020

Fuente: Autor

- **Solidos Disueltos Totales (TDS)**

En la

Figura 15 se puede apreciar el incremento de solidos totales disueltos, especialmente en el punto PC 4 ubicado en la parte baja de la microcuenca, existe también mayor concentración de este parámetro en el mes de febrero llegando a valores entre 33,8 mg/l y 90,2 mg/l de TDS. Sin embargo, en marzo se presenta resultados en un rango de 13,1 mg/l y 46,3 mg/l de TDS, siendo este mes el de valores más bajos en toda la campaña de muestreo.

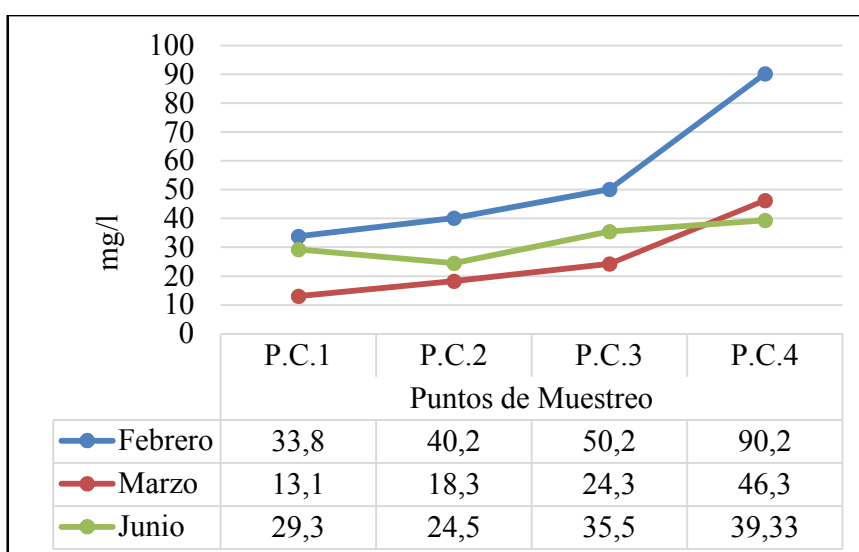


Figura 15: Variación espacio-temporal de Sólidos Disueltos Totales (TDS mg/L) medidos en el Río Tutanangoza, 2020

Fuente: Autor

6.2.2. Parámetros químicos

- **pH**

En la Figura 16 se observa los resultados obtenidos de pH, los cuales oscilan entre los 7,9 y 8,48, pudiéndose observar que en febrero se registró el mayor índice de pH en todos los puntos de monitoreo a comparación de los otros meses, los autores Carrillo Alvarado & Urgilés Calle (2016) mencionan en sus estudios que esto es debido a la variabilidad del régimen de lluvia y época de transición.

Por otra parte se encontraron similitudes de los resultados con los estudios realizados por Gualdrón Durán (2016) quien indica que, un pH con valores entre 7 y 8,5 están dentro del régimen de calidad para el desarrollo de procesos biológicos y preservación de vida acuática.

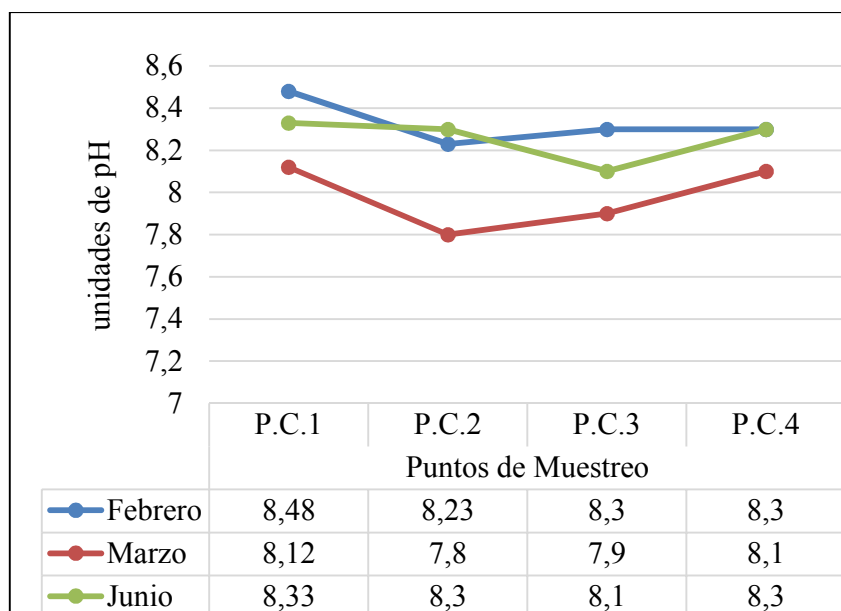


Figura 16: Variación espacio-temporal del pH medidos en el Río Tutanangoza, 2020

Fuente: Autor

- **Fosfatos (PO4)**

En la Figura 17 se logra apreciar el aumento de la concentración de fosfatos, llegando a valores máximos registrados de 3,56 mg/l para el punto de muestreo P.C.4 en febrero, según

los estudios realizados por Mendoza Caicedo & Rodriguez Lindao (2019) mencionan que la presencia de fosfatos en los rios, se debe a las actividades ganaderas, agrícolas y uso de detergentes domésticos que llegan por acción de la escorrentía a los cuerpos de agua superficiales.

Por otra parte, las concentraciones mínimas registradas se encuentran en los puntos de monitoreo P.C.1 y P.C.2 con valores entre 0,3 y 0,9 mg/l en donde no existe mayor actividad antropogénica.

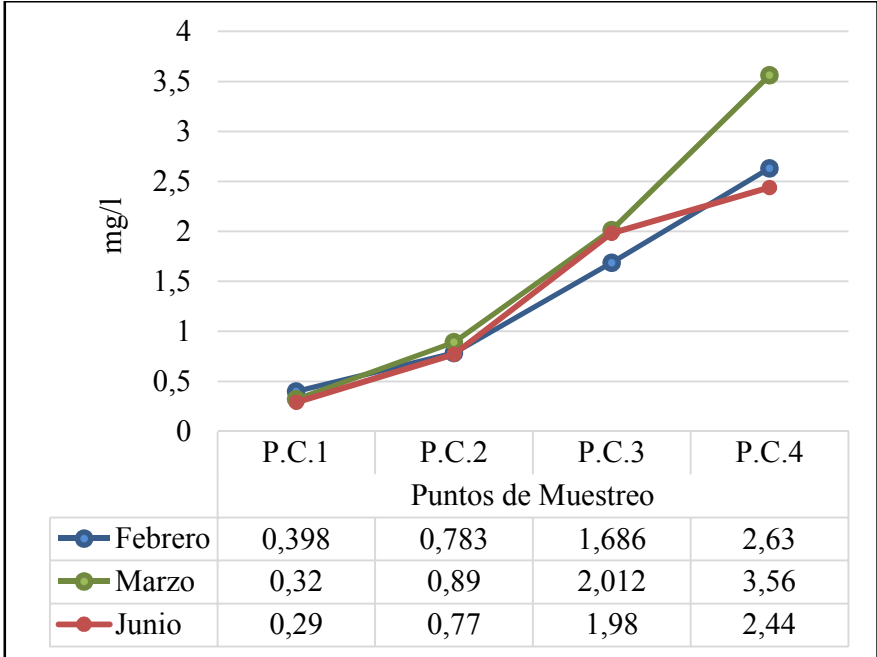


Figura 17: Variación espacio-temporal de Fosfatos (mg PO4/L) medidos en el Rio Tutanangoza, 2020
Fuente: Autor

- **Nitratos (NO3)**

En la Figura 18 se aprecia que la concentración de nitrato es mayor en marzo y junio con resultados entre un rango de 0,5 mg/l y 1,86 mg/l, de acuerdo a con estudios realizados por Pérez Díaz & Ortega Escobar (2018), las concentraciones altas de NO3 en los cuerpos

superficiales, se debe a las posibles actividades de origen antropogénico tales como: el uso de fertilizantes y estiércol en las plantaciones, los cuales aumentan la concentración de este ion en las partes bajas de la microcuenca.

Por otra parte, el mes que menos concentraciones de NO₃ presenta es el de febrero con valores entre 0,4 mg/l y 1,37 mg/l.

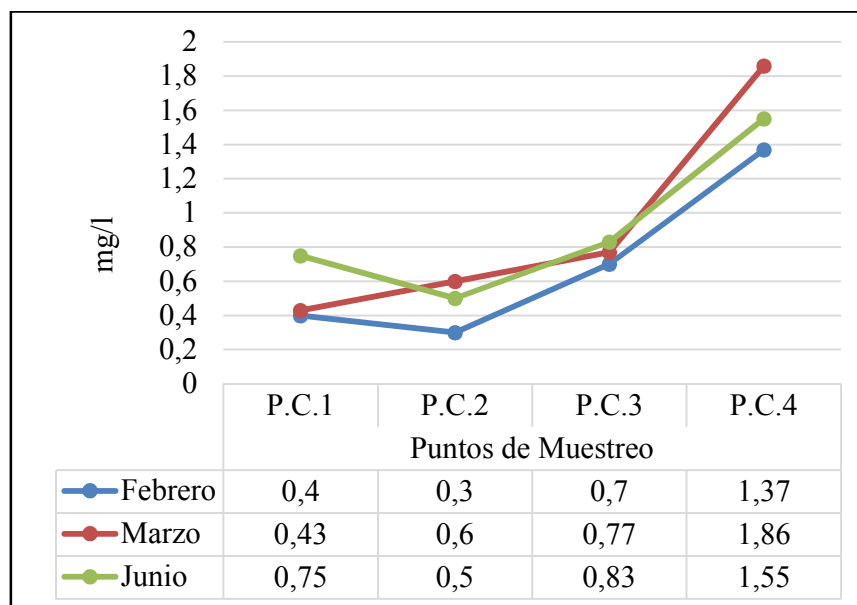


Figura 18: Variación espacio-temporal de Nitratos (mg N/L) medidos en el Rio Tutanangoza, 2020

Fuente: Autor

- **Oxígeno Disuelto**

Se puede observar en la Figura 19 concentraciones con valores entre 9,5 mg/l y 11,4 mg/l de O.D para el mes de febrero, debido a las altas precipitaciones, las cuales generan turbulencias favoreciendo la oxigenación del agua.

Por otro lado, en marzo y junio se presentó disminución de la concentración de OD con valores que van entre 8 mg/l y 9,12 mg/l, según los estudios realizados por Campaña, Gualoto, & Chiluisa (2017) mencionan que la disminución de la concentración de este parámetro puede ser causado por vertimientos con carga orgánica animal, por otra parte los autores Muñoz,

Orozco, Vera, Suárez, & Jiménez (2015) informan que el aumento de la temperatura ambiental y las bajas precipitación traen consigo la disminución de el oxígeno disuelto en el agua.

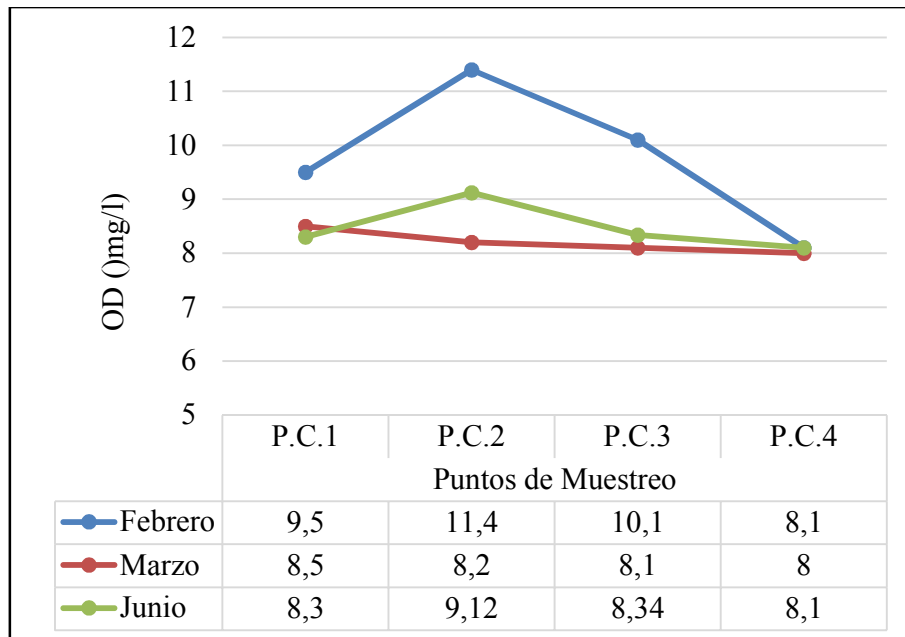


Figura 19: Variación espacio-temporal de Oxígeno Disuelto (OD mg/L) medidos en el Río Tutanangoza, 2020

Fuente: Autor

- **DBO5**

En la Figura 20 se da a conocer cada uno de los resultados de las concentraciones para el parámetro DBO5, estos varían entre 0,89 mg O₂/l hasta 2,8 mg O₂/l en toda la campaña de muestreo, prevaleciendo en el mes de febrero con mayores rangos de concentración, especialmente en el punto de monitoreo P.C.3 de la zona baja de la microcuenca, con un valor máximo registrado de 2,8 mg O₂/ l, según los estudios realizados por Muñoz Nava & Suárez Sánchez (2012) informan que el aumento de la concentración de este parámetro es debido al aporte de material orgánico de origen animal en los cuerpos hídricos, por otra parte Béjar Suárez & Mendoza Trujillo (2018) mencionan que los aportes de aguas residuales domesticas de las comunidades aumentan las concentraciones de DBO5 en los ríos.

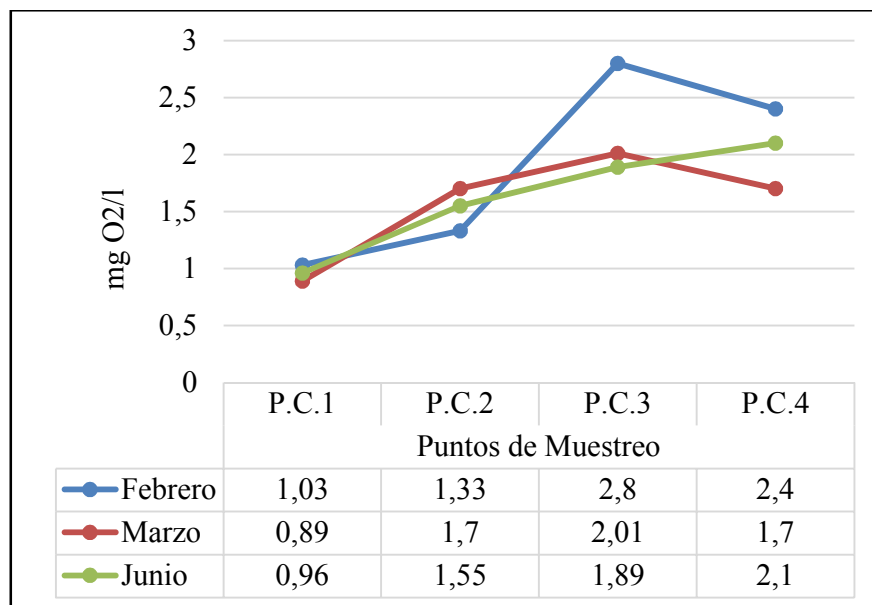


Figura 20: Variación espacio-temporal de la DBO5 (mg O₂/L) medidos en el Rio Tutanangoza, 2020

Fuente: Autor

6.2.3. Parámetro microbiológico

- **Coliformes Fecales**

La Figura 21 da a conocer el aumento considerable de coliformes fecales en los puntos P.C.3 y P.C.4 ubicadas en la parte baja de la microcuenca, llegando a concentraciones que van entre 920 NMP/100 ml hasta 2300 NMP/ 100, debido a las actividades ganaderas en estas zonas y a la inexistencia de redes alcantarillado, estas concentraciones representan el trabajo realizado en toda la campaña de monitoreo. Por otra parte, las partes menos involucradas están ubicadas en las zonas media y alta de la microcuenca debido a que no existe mayor actividad ganadera.

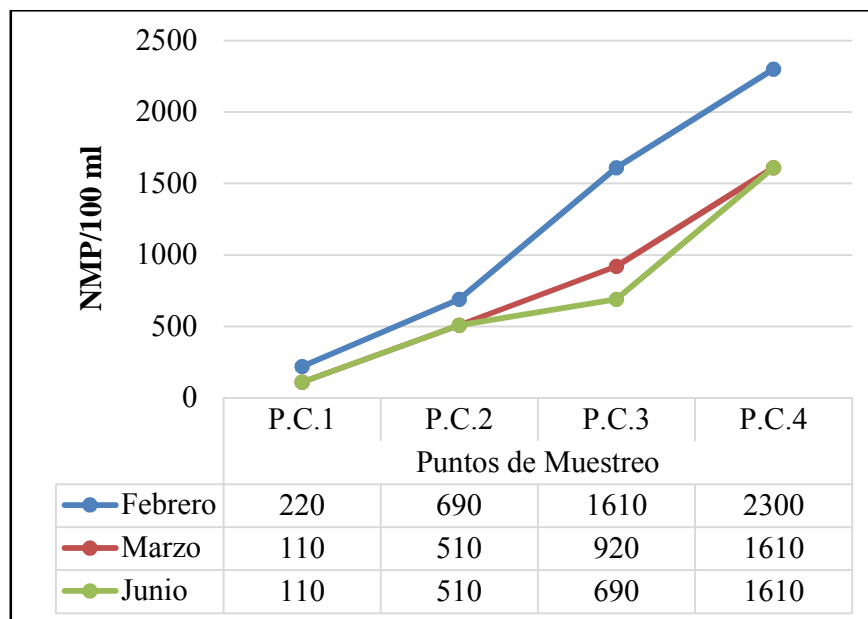


Figura 21: Variación espacio-temporal de Coliformes Fecales (NMP/100 ml) medidos en el Río Tutanangoza, 2020

Fuente: Autor

6.3. Variación del Caudal

Basándose en la metodología descrita con anterioridad se procedió a realizar el cálculo del caudal en cada punto de muestreo del Río Tutanangoza durante todas las campañas de monitoreo, de las cuales se muestran a continuación:

Tabla 16: Caudales medidos (m³/s) en el Río Tutanangoza por campañas y puntos de muestreo, 2020

Código de Punto de Muestreo	Sitio	Febrero (Feb-25)	Marzo (Mar-9)	Junio (Jun-26)	Unidades
P.C.1	Comunidad Sunkants	3,24	2,21	3	m ³ /s
P.C.2	Comunidad Santa Teresita	4,58	3,25	4	m ³ /s
P.C.3	Concesión Minera	6,09	4,76	5,7	m ³ /s
P.C.4	Parroquia Asunción	6,35	5,49	6,22	m ³ /s

Fuente: Autor

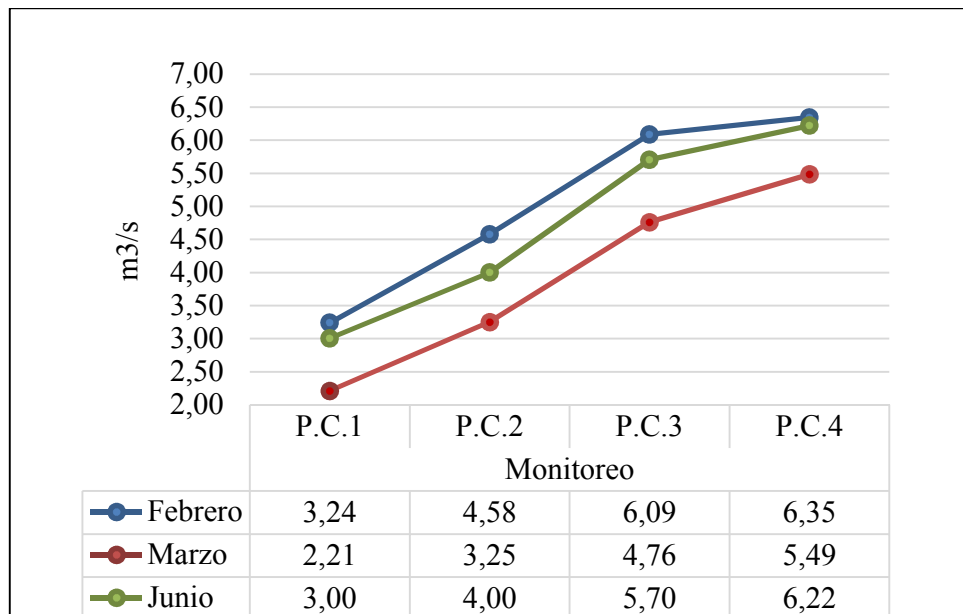


Figura 22: Variación del caudal (m³/s) medidos en el Río Tutanangoza, 2020

Fuente: Autor

Se puede observar en la Figura 22 que el registro de los caudales mayores medidos le corresponde al mes de febrero con valores entre 3,24 m³/s y 6,35 m³/s debido que en las zonas de estudio existió lluvias frecuentes, por otro lado existe una leve disminución en los caudales medidos con valores entre 2,21 m³/s y 5,49 m³/s para el mes de marzo y valores entre 3 m³/s y 6,22 m³/s para el mes de junio; mediante estos datos se da a conocer el incremento del caudal aguas abajo, debido al drenaje de ríos, arroyos y quebradas que fluyen a través del punto P.C.4 (Zona de desagüe)

Es conveniente mencionar que, el INAMHI reportó lluvias frecuentes en la zona de estudio, como por ejemplo en el boletín de desarrollo meteorológico N° 010 con vigencia del 24 de febrero al 29 de febrero de 2020, en donde se indicó la presencia de fuertes lluvias para la provincia de Morona Santiago (Ver ANEXO 5), en base a esta información se valida el trabajo en campo y la determinación del caudal en la microcuenca del Río Tutanangoza para la zonas de estudio y como se indica en la Figura 22, puntualmente se registró el valor máximo de caudales por la presencia de estas precipitaciones.

6.4. Comparación de las concentraciones obtenidas en las campañas de muestreo con la Legislación Ambiental Vigente

En base a la legislación ambiental sobre la gestión integrada de los recursos hídricos para prevenir el impacto del ambiente, se realizó la comparativa de los resultados obtenidos del laboratorio en los cuatro puntos de muestreo con el límite máximo permisible de exposición en los cuerpos de agua. Para ello, cada sitio de monitoreo ha tomado en consideración los dictámenes legislativos sobre la protección de la fauna y flora en agua dulce, de la siguiente manera:

Tabla 17: Comparativa con las regulaciones ambientales actuales que protegen a la fauna y flora en agua dulce para los 4 puntos de muestreo en febrero 2020

Parámetros	FEBRERO				Limite permisible
	Puntos de Muestreo				
	P.C.1	P.C.2	P.C.3	P.C.4	
Cambio de Temperatura (°C)	15	16,1	17,3	18,2	Condiciones naturales + 3 Máxima 20
Turbiedad (NTU)	13,77	132,7	143,3	222,4	100
pH	8,48	8,23	8,3	8,3	6.5-9
Fosfatos (PO4 mg/l)	0,398	0,783	1,686	2,63	No Especifica
Nitratos (NO3 mg/l)	0,4	0,3	0,7	1,37	No Especifica
Sólidos Disueltos Totales (mg/l)	33,8	40,2	50,2	90,2	1000
Oxígeno Disuelto (% Saturado)	96	116	105	86	No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6mg/l
DBO5 mg/l	1,03	1,33	2,8	2,4	2
Coliformes Fecales (NMP/100 ml)	220	690	1610	2300	200

Fuente: Autor

Se puede apreciar en la Tabla 17 que los parámetros tales como: nitratos, cambio de temperatura, fosfatos, sólidos disueltos totales, pH y oxígeno disuelto cumplen con la legislación ambiental vigente a excepción de las variables de coliformes fecales, turbiedad, y DBO5, mismos que sobre pasan los límites máximos permisibles dispuestos por legislación para los puntos de monitoreo realizados en el mes de febrero en el Río Tutanangoza.

Tabla 18: Comparativa con las regulaciones ambientales actuales que protegen a la fauna y flora en agua dulce para los 4 puntos de muestreo en marzo 2020

Parámetros	MARZO				Limite permisible
	Puntos de Muestreo				
	P.C.1	P.C.2	P.C.3	P.C.4	
Cambio de Temperatura (°C)	16,2	17,5	18,7	19,3	Condiciones naturales + 3 Máxima 20
Turbiedad (NTU)	4,33	65,5	75,2	83,4	100
pH	8,12	7,8	7,9	8,1	6.5-9
Fosfatos (PO4 mg/l)	0,32	0,89	2,012	3,56	No Especifica
Nitratos (NO3 mg/l)	0,43	0,6	0,77	1,86	No Especifica
Sólidos Disueltos Totales (mg/l)	13,1	18,3	24,3	46,3	1000
Oxígeno Disuelto (% Saturado)	86	85	87	86	No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6mg/l
DBO5 mg/L	0,89	1,7	2,01	1,7	2
Coliformes Fecales (NMP/100 ml)	110	510	920	1610	200

Fuente: Autor

En la Tabla 18 se da a conocer que los parámetros tales como: turbiedad, fosfatos, cambio de temperatura, nitratos, pH, oxígeno disuelto y sólidos disueltos totales cumplen con la legislación ambiental vigente a excepción de los parámetros DBO5 y coliformes fecales, mismos que sobre pasan los límites máximos permisibles dispuestos por legislación para los puntos de monitoreo realizados en el mes de marzo en el Río Tutanangoza.

Tabla 19: Comparativa con las regulaciones ambientales actuales que protegen a la fauna y flora en agua dulce para los 4 puntos de muestreo en junio 2020

Parámetros	JUNIO				Limite permisible
	Puntos de Muestreo				
	P.C.1	P.C.2	P.C.3	P.C.4	
Cambio de Temperatura (°C)	15,5	16,4	17,7	17,9	Condiciones naturales + 3 Máxima 20
Turbiedad (NTU)	9,34	76,6	83,8	93,33	100
pH	8,33	8,3	8,1	8,3	6.5-9
Fosfatos (PO4 mg/l)	0,29	0,77	1,98	2,44	No Especifica
Nitratos (NO3 mg/l)	0,75	0,5	0,83	1,55	No Especifica
Sólidos Disueltos Totales (mg/l)	29,3	24,5	35,5	39,33	1000
Oxígeno Disuelto (% Saturado)	82	93	88	86	No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6mg/l
DBO5 mg/l	0,96	1,55	1,89	2,1	2
Coliformes Fecales (NMP/100 ml)	110	510	690	1610	200

Fuente: Autor

En la Tabla 19 se puede apreciar que los parámetros tales como: sólidos disueltos totales cambio de temperatura, fosfatos, oxígeno disuelto nitratos, turbiedad y pH cumplen con la legislación ambiental vigente a excepción de los parámetros DBO5 y coliformes fecales, mismos que sobre pasan los límites máximos permisibles dispuestos por legislación para los puntos de monitoreo realizados en junio de 2020 para el Río Tutanangoza.

Por lo general, se observa que los parámetros expuestos en la legislación para la protección y conservación de la fauna y flora en agua dulce de la microcuenca del Río Tutanangoza cumplen con la mayoría de parámetros a excepción de Coliformes Fecales, DBO5 y Turbiedad para toda de la campaña de muestreo dando resultados que sobre pasan los límites permisibles en los puntos de monitoreo P.C.2 P.C.3 y P.C.4 ubicadas en la parte baja de la microcuenca.

- En el siguiente apartado se compara los resultados de las concentraciones con las regulaciones de uso del agua para fines domésticos mediante tratamiento convencional del cual fue considerado los puntos de muestreo P.C.1 P.C.2 y P.C.4 en este análisis comparativo, debido a que en estos lugares carecen de sistemas de saneamiento básico como alcantarillado y disposición de agua potable.

Tabla 20: Comparativa de los resultados obtenidos con las regulaciones ambientales vigentes del límite máximo permitido para el uso y consumo doméstico solo con desinfección en los puntos de monitoreo para el mes de febrero 2020

Parámetros	FEBRERO			Limite permisible
	Puntos de Muestreo			
	P.C.1	P.C.2	P.C.4	
Cambio de Temperatura (°C)	15	16,1	18,2	Condiciones naturales + 3 Máxima 20
Turbiedad (NTU)	13,77	132,7	222,4	100
pH	8,48	8,23	8,3	6,0-9,0
Fosfatos (PO4 mg/l)	0,398	0,783	2,63	No Especifica
Nitratos (NO3 mg/l)	0,4	0,3	1,37	10
Sólidos Disueltos Totales (mg/l)	33,8	40,2	90,2	1000
Oxígeno Disuelto (% Saturado)	96	116	86	No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6mg/l
DBO5 mg/l	1,03	1,33	2,4	2
Coliformes Fecales (NMP/100 ml)	220	690	2300	600

Fuente: Autor

En la Tabla 20 se da a conocer que los parámetros tales como: sólidos disueltos totales fosfatos, cambio de temperatura, nitratos, y oxígeno disuelto y pH cumplen con la legislación ambiental vigente a excepción de los parámetros Turbiedad, DBO5 y coliformes fecales,

mismos que sobre pasan los límites máximos permisibles dispuestos por legislación para los puntos de muestreo realizados en el mes de febrero en el Río Tutanangoza.

Tabla 21: Comparativa de los resultados obtenidos con las regulaciones ambientales vigentes del límite máximo permitido para el uso y consumo doméstico solo con desinfección en los puntos de monitoreo para el mes de marzo 2020

Parámetros	MARZO			Limite permisible
	Puntos de Muestreo			
	P.C.1	P.C.2	P.C.4	
Cambio de Temperatura (°C)	16,2	17,5	19,3	Condiciones naturales + 3 Máxima 20
Turbiedad (NTU)	4,33	65,5	83,4	100
pH	8,12	7,8	8,1	6,0-9,0
Fosfatos (PO4 mg/l)	0,32	0,89	3,56	No Especifica
Nitratos (NO3 mg/l)	0,43	0,6	1,86	10
Sólidos Disueltos Totales (mg/l)	13,1	18,3	46,3	1000
Oxígeno Disuelto (% Saturado)	86	85	86	No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6mg/l
DBO5 mg/l	0,89	1,7	1,7	2
Coliformes Fecales (NMP/100 ml)	110	510	1610	600

Fuente: Autor

En la Tabla 21 se puede apreciar que los parámetros tales como: DBO5, Cambio de temperatura, nitratos, fosfatos, turbiedad, sólidos disueltos totales, oxígeno disuelto y pH cumplen con la legislación ambiental. Sin embargo, el parámetro de coliformes fecales se

encuentra sobre pasando el límite máximo permisibles dispuestos por legislación para el punto de muestreo P.C.4 ubicada en la parte baja de la microcuenca del Río Tutanangoza.

Tabla 22: Comparativa de los resultados obtenidos con las regulaciones ambientales vigentes del límite máximo permitido para el uso y consumo doméstico solo con desinfección en los puntos de monitoreo para el mes de junio 2020

JUNIO				
Parámetros	Puntos de Muestreo			Limite permisible
	P.C.1	P.C.2	P.C.4	
Cambio de Temperatura (°C)	15,5	16,4	17,9	Condiciones naturales + 3 Máxima 20
Turbiedad (NTU)	9,34	76,6	93,33	100
pH	8,33	8,3	8,3	6,0-9,0
Fosfatos (PO4 mg/l)	0,29	0,77	2,44	No Especifica
Nitratos (NO3 mg/l)	0,75	0,5	1,55	10
Sólidos Disueltos Totales (mg/l)	29,3	24,5	39,33	1000
Oxígeno Disuelto (% Saturado)	82	93	86	No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6mg/l
DBO5 mg/l	0,96	1,55	2,1	2
Coliformes Fecales (NMP/100 ml)	110	510	1610	600

Fuente: Autor

En la Tabla 22 se puede apreciar que los parámetros tales como: oxígeno disuelto, cambio de temperatura, sólidos disueltos totales, pH, nitratos, fosfatos, turbiedad, y DBO5 cumplen con la legislación ambiental vigente Sin embargo el parámetro de coliformes fecales se encuentra

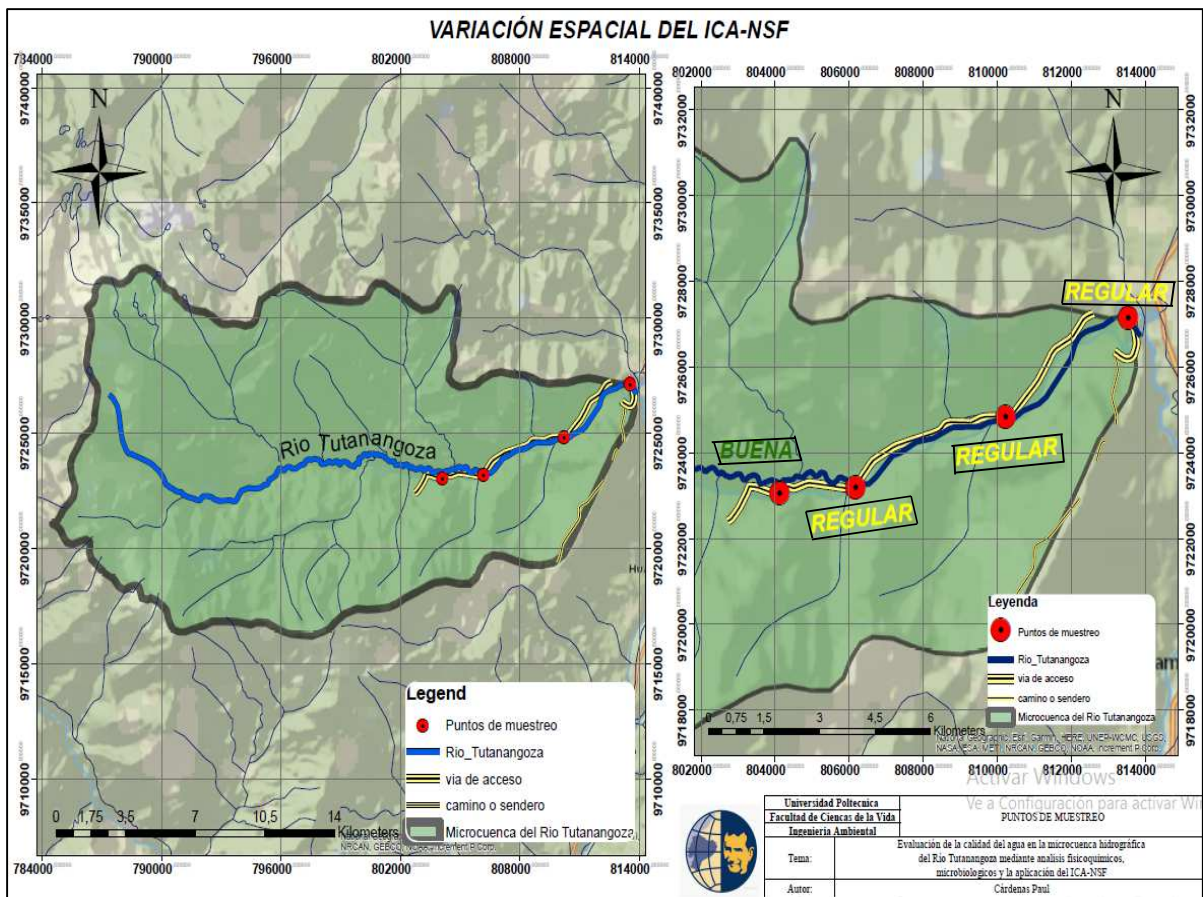
sobre pasando el límite máximo permisibles dispuestos por legislación para el punto de muestreo P.C.4 ubicada en la parte baja de la microcuenca del Río Tutanangoza.

En este apartado de comparación se logró interpretar que los resultados obtenidos con las regulaciones ambientales vigentes del límite máximo permitido para el uso y consumo doméstico en la microcuenca del Río Tutanangoza cumple con la mayoría de parámetros a excepción de los coliformes fecales, los cuales sobre pasan con valores elevados los límites máximos permisibles. Los puntos críticos están ubicados en la zona baja de la microcuenca, donde existe intervención ganadera cerca de la ribera del rio e inexistencia de sistemas sanitarios.

6.5. Variación espacio-temporal del ICA-NSF

Una vez obtenido los datos del análisis en el laboratorio para cada variable, se determinó el índice de calidad ICA-NSF en cada punto de monitoreo (Ver ANEXO 6), basándose en la metodología descrita con anterioridad y la elaboración de mapas de la zona de estudio se logró obtener una apreciación en la variación espacio-temporal del ICA-NSF.

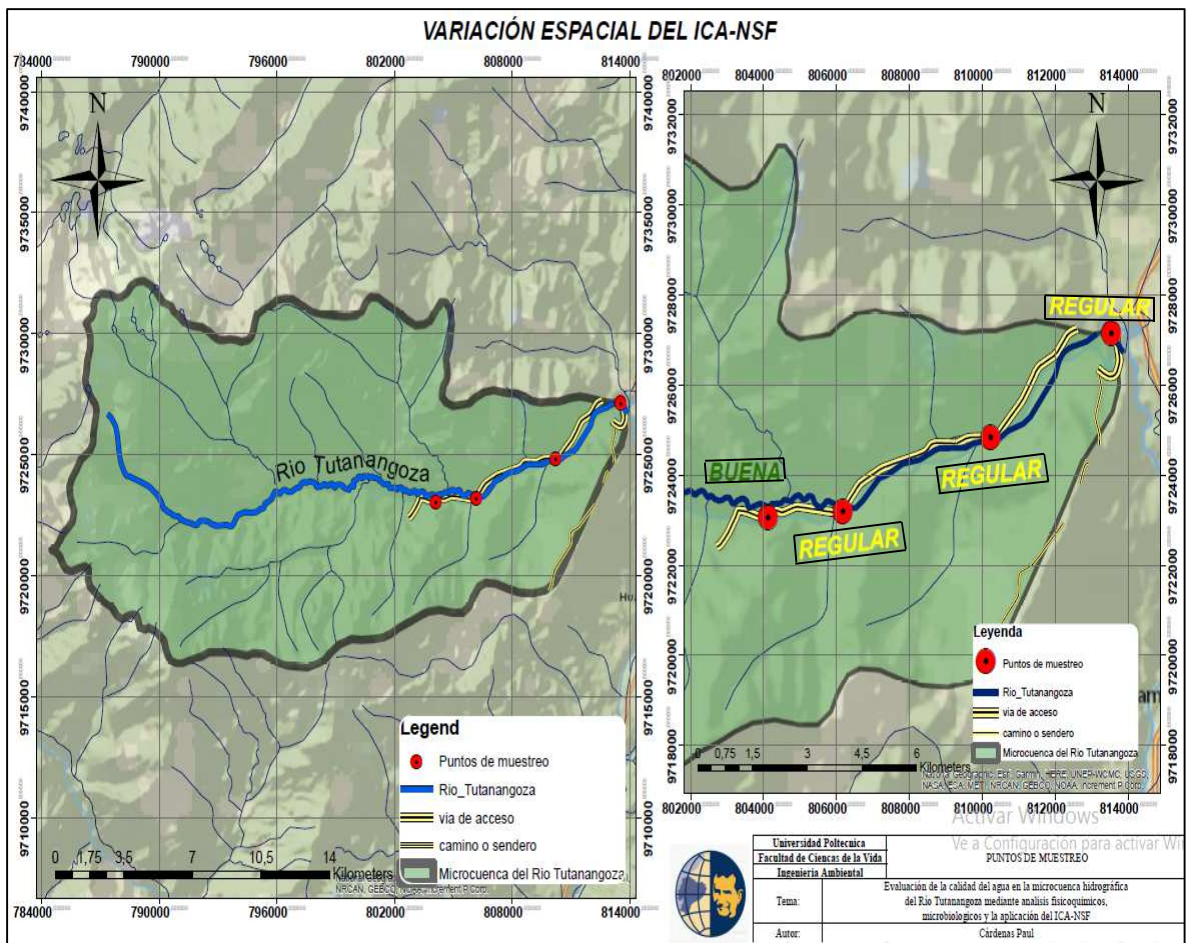
Para cada campaña de monitoreo se realizó un mapa de la zona de estudio, evaluando así la variación del índice aplicado (ICA-NSF) para todos los puntos de muestreo en el Río Tutanangoza.



Mapa 10: Variación espacio-temporal del ICA-NSF para el mes de febrero 2020

Fuente: Autor

En el Mapa 10 se logra apreciar las categorías de calificación del ICA-NSF para el mes de febrero en los 4 puntos de muestreo, en él se logra apreciar la variación del ICA-NSF de acuerdo a su ubicación, exponiendo valores que van en un rango de calificación de 60 hasta 73 (Ver Tabla 23). Teniendo un índice de calidad “Buena” para el punto P.C.1 con un valor más alto de 73,43 y un índice de calidad “Regular” para los puntos P.C.2, P.C.3y P.C.4, siendo el punto de muestreo P.C.4 el de valor más bajo con 60,34



Mapa 11: Variación espacio-temporal del ICA-NSF para el mes de marzo 2020

Fuente: Autor

En el Mapa 11 se logra apreciar las categorías de calificación del ICA-NSF para el mes de marzo para los 4 puntos de muestreo, en él se logra apreciar la variación del ICA-NSF de acuerdo a su ubicación, demostrando valores que van desde los 60 hasta los 74 (Ver Tabla 23), teniendo un índice de calidad “Buena” para el punto P.C.1 con un valor más alto de 74,32 y un índice de calidad “Regular” para los puntos P.C.2 P.C.3 y P.C.4, siendo el punto de muestreo P.C.4 el de valor más bajo con 60,05.

Tabla 23: ICA-NSF por campañas y puntos de monitoreo

FECHA DE MUESTREO Y MONITOREO					
Puntos de Monitoreo	Febrero (feb-25)	Marzo (mar-9)	Junio (jun-26)	Promedio ICA-NSF	Calificación ICA
P.C.1	73,43	74,32	73,14	73,63	Buena
P.C.2	64,73	65,04	66,41	65,39	Regular
P.C.3	61,61	61,82	63,79	62,41	Regular
P.C.4	60,34	60,05	60,33	60,24	Regular

Fuente: Autor

La Tabla 23 indica los valores obtenidos del ICA-NSF en cada punto de muestreo durante toda la campaña de monitoreo, dando a conocer los promedios en los diferentes puntos establecidos.

Para el punto P.C.1 ubicado en la parte media de la microcuenca dio un valor de 73,63 catalogada como Buena (Ver Tabla 7). Según los estudios realizados por Lucas Vidal & Carreño Mendoza (2018), mencionan que el recurso hídrico en una escala indicativa de 2 (Buena) para ICA-NSF es levemente contaminado y puede abastecerse para el uso y consumo humano únicamente con purificación.

Por otro lado los puntos de monitoreo P.C.2, P.C.3 y P.C.4 indican valores que van desde 60,24 para el punto P.C.4, hasta 65,39 para el punto P.C.2, catalogados por los autores (Carrillo Alvarado & Urgilés Calle, 2016; Lucas Vidal & Carreño Mendoza 2018) en una escala indicativa de 3 para ICA-NSF, con un índice de calidad regular y de dudoso consumo humano sin tratamiento previo, sin embargo León Vizcaíno (2016), informa que en esta categoría de calidad de agua se puede usarse para actividades de riego agrícola y fines recreativos.

6.6. Propuestas para la recuperación, mejora y mantenimiento del recurso hídrico en la microcuenca del Río Tutanangoza

De acuerdo con la evaluación de los análisis referentes a la calidad de agua en la microcuenca del Río Tutanangoza, se presentan las siguientes recomendaciones sobre la gestión y protección de los recursos hídricos.

Según Carvajal Parra, (2017) para la elaboración de propuestas ambientales se debe considerar los siguientes instrumentos de gestión:

Tabla 24: Instrumentos de Gestión para la elaboración de propuestas

Planificación	Su objetivo es llevar a cabo diversos desarrollos para traer bienestar a la comunidad.
Educación Ambiental y participación ciudadana	Se basa en la protección del medio natural circundante, difundiendo enseñanzas y conocimientos a la comunidad, con el objetivo de producir hábitos y comportamientos en la población, sensibilizando a las personas sobre los problemas en el ambiente.
Económicos	Son aquellas que utilizan los precios como indicadores de mercado, con el fin de incentivar o desalentar comportamientos hacia el medio ambiente.

Fuente: (Carvajal Parra, 2017)

En base a la Tabla 24 se realizó las siguientes propuestas para la mejora de la calidad del recurso hídrico en la microcuenca del Río Tutanangoza

Tabla 25: Propuesta para la mejora de la calidad del agua por medio de la recuperación de ecosistemas en la microcuenca del Río Tutanangoza

RESTAURACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS DE LA MICROCUENCA DEL RÍO TUTANANGOZA	
Descripción del Problema	Los cambios en el ecosistema son causados principalmente por actividades antropogénicas, como la remoción de vegetación debido a la presencia de ganado en zonas específicas generalmente en las riberas del río Tutanangoza, así como también al abuso y al mal manejo de los recursos hídricos debido a las actividades sociales y la descarga de aguas residuales
Tramos Afectados	Microcuenca media-baja (Comunidad “Santa Teresita” y parroquia Asunción)
Impactos Generados	<ul style="list-style-type: none"> -Disminución de la Biodiversidad. -Alteración de las características fisicoquímicas y biológicas del agua. -Alteración del ciclo hidrológico.
Planificación de actividades	La presente propuesta establece actividades con el propósito de dar a conocer a la municipalidad del cantón Sucúa y al GAD parroquial de Asunción la categoría de contaminación del río Tutanangoza con el fin de desarrollar medidas de mitigación y en el futuro restaurar los ecosistema de la microcuenca y mejorar la calidad del agua

Actividades

-Implementar cercos vivos en áreas que se encuentran afectadas mediante el uso de plantas nativas de la zona, con el propósito de contrarrestar que los animales vacunos y sus desechos entren en contacto con el agua del río Tutanangoza. Así mismo, al implementar estas plantas nativas se mantendrá la humedad y retención del ciclo de agua local sin alterarla actuando como un biofiltro natural. Desarrollando este labor a partir de la comunidad de Santa Teresita específicamente en las coordenadas ESTE: 806166 SUR: 9723180 a 856 m.s.n.m hasta la parroquia Asunción ubicada a 801 m.s.n.m, debido a que en estas zonas existe mayor actividad de ganadería.

-A través de la coordinación con el MAE, SENAGUA, en conjunto con el municipio del cantón Sucúa y GAD parroquial de Asunción, proponer una investigación ambiental profundizada en puntos estratégicos de la microcuenca del Río Tutanangoza tomando como consideración: la densidad de vegetación, fauna, flora, uso de suelo, puntos de contaminación. Involucrando las siguientes variables: agua, suelo y aire, para conocer el estado actual del ecosistema de la microcuenca y optimizar el manejo del área que presente afectación.

-Implementación de 2 abrevaderos en puntos estratégicos de la microcuenca con el propósito de abastecer de agua a los animales de la zona e impedir el contacto directo con el río. Así mismo el cerco vivo de protección implementado en la ribera del río no se verá afectado. Aplicando esta medida en la comunidad “Santa Teresita” y la parroquia Asunción de tal manera que los animales que pastan en la zona podrán entrar y salir libremente debido al fácil acceso de los abrevaderos implementados.

Fuente: Autor

Tabla 26: Propuesta de capacitación y participación ciudadana a los moradores de la microcuenca del Río Tutanangoza

GENERACIÓN DE ACUERDOS AMBIENTALES Y CAPACITACIÓN DE LA POBLACIÓN PERTENECIENTE A LA MICROCUENCA DEL RÍO TUTANANGOZA

Descripción

Por medio de la propuesta establecida, se espera que los pobladores y parroquias de la microcuenca del río Tutanangoza incrementen la conciencia ambiental. A través de la capacitación que realice el departamento ambiental del cantón Sucúa, se busca minimizar el impacto negativo en el río Tutanangoza

Tramos Involucrados	Microcuenca media-baja (Comunidad “Sunkants”, “Santa Teresita” y parroquia Asunción)
Impactos a tratar	<p>-Contaminación del recurso hídrico superficial debido a la práctica de actividades de origen antrópico.</p> <p>-Riesgo para la Salud Humana al consumir agua contaminada.</p>
Planificación de actividades	<p>La presente propuesta tiene objetivo principal realizar una planificación conjuntamente con el GAD del cantón Sucúa y parroquial de Asunción, con el fin de dar a conocer a los moradores de la microcuenca del Río Tutanangoza el grado de contaminación que presenta sus actividades tales como: ganadería, extracción de materiales pétreos, generación de residuos sólidos, para que en futuro apliquen las medidas de mitigación en los sectores afectados teniendo como finalidad la restauración y la mejora de calidad del recurso hídrico en el Río Tutanangoza.</p>
Actividades	<p>- Por medio de la participación de las autoridades competentes del GAD de Sucúa y de la parroquia Asunción capacitar y fomentar el uso de insumos ecológicos en áreas agrícolas a los moradores de la microcuenca media y baja (Comunidad “Santa Teresita” y Parroquia Asunción), con el propósito de evitar el uso de químicos y contrarrestar la contaminación en los diferentes recursos naturales. Así mismo, fomentar la educación ambiental sobre el uso</p>

adecuado del agua entre la población circundante, especialmente en usos domésticos y agrícolas.

-Fomentar la participación trimestral de los moradores de la microcuenca en mingas para la limpieza de las riberas del río Tutanangoza mediante una coordinación entre las autoridades competentes y la población aledaña.

- A través de las autoridades competentes designar a un grupo de residentes de la microcuenca del Río Tutanangoza a capacitarse en temas de ecoturismo comunitario para fomentar el cuidado de áreas turísticas (Piedra del Mono, Taguas, Cascadas del Panki) y elevar las visitas a atractivos naturales encontradas en las diferentes zonas de la microcuenca.

Actividades

- Establecer convenios con empresas privadas para implementar tecnologías (Letrinas, Pozos sépticos) que reduzcan las concentraciones de contaminantes residuales producidas por los moradores de las comunidades. Después de la implementación de esta actividad, se deberá monitorear el efluente periódicamente a través de la participación del GAD municipal y/o la empresa privada, generando un informe de análisis de calidad del agua.

Fuente: Autor

7. CONCLUSIONES

Los parámetros morfométricos dieron a conocer que la microcuenca del Río Tutanangoza presenta una forma ligeramente alargada y que debido a ello se encuentra expuesta medianamente a crecientes e inundaciones. Por otro lado, el sistema de drenaje que posee esta microcuenca es catalogado como pobre, presentando un alto grado de infiltración y escurrimiento medio, debido a su pendiente moderada alta, su forma ligeramente alargada y a la composición de sus materiales permeables con una alta densidad de vegetación.

En la comparativa de los análisis de las muestras con la legislación ambiental vigente (TULSMA), se dio a conocer el incumplimiento en toda la campaña de monitoreo para los puntos P.C.2, P.C.3 y P.C.4, en este caso con los valores máximos registrados que sobrepasaban los límites permisibles de los siguientes parámetros: DBO5: 2,8 mg/l; Turbiedad: 222,4 y Coliformes: 2300 NMP/100ml para la primera campaña de monitoreo, debido a la presencia de altas precipitaciones en el mes de febrero, material orgánico de origen animal y al desagüe de las comunidades, por ende, a medida que avanza el río aguas abajo, se muestra una tendencia de deterioro.

Se determinó el caudal mediante medición directa a través del flotador utilizado en cada zona de muestreo y en todo el proceso de monitoreo, registrando valores de caudales más altos, llegando a 6,35 m³/s para el mes de febrero en el punto P.C.4 situado en la zona baja de la microcuenca, producto de lluvias frecuentes en las zonas de estudio. Por otro lado, marzo fue el mes que registró valores mínimos de caudales durante toda la campaña de monitoreo con valores entre 2,21 m³/s para el punto P.C.1 y 5,49 m³/s P.C.4.

El índice de calidad ICA-NSF para el río Tutanangoza presentó valores catalogados como calidad buena en el punto P.C.1 con un valor promedio de 73,63, seguidamente para los puntos P.C.2, P.C.3 y P.C.4 se encuentran con valores en un rango de (60-65) catalogados como calidad

regular y de dudoso consumo sin tratamiento ni purificación, pero que puede ser utilizado para riego agrícola y fines recreativos o turismo.

Existe una relación de forma directa entre el caudal y la calidad del agua en las estaciones lluviosa y seca. Parámetros como el nitrato y el fosfato presentan mayores concentraciones en la época seca (caudal bajo), sin embargo se diluyen en estaciones lluviosas (caudal alto), pero debido a la fuerza de arrastre del agua, las concentraciones de: turbidez, DBO5, coliformes fecales y sólidos totales son mayores. Por lo tanto, en la época de transición de invierno a estiaje (caudales medios) se exhibe mejor calidad del agua en el río Tutanangoza.

En cuanto a las propuestas para el manejo y gestión de la calidad del recurso hídrico en el Río Tutanangoza se considera primordial realizar acciones de mantenimiento y recuperación en las riberas de los ríos debido a la presencia de ganado vacuno en la zona, los cuales deterioran la calidad del agua por sus desechos orgánicos.

8. RECOMENDACIONES

Para obtener los datos esperados de la evaluación de la calidad del agua, se recomienda realizar análisis de temperatura, oxígeno disuelto y pH en campo, para evitar alteraciones de la muestra y resultados erróneos.

Se recomienda implementar sistemas básicos sanitarios (Pozos sépticos, Letrinas) en las comunidades de “Santa Teresita”, “Sunkants” y parroquia Asunción con el propósito de promover la participación de los residentes y generar cambios en los comportamientos relacionados con la higiene y salud.

Se recomienda crear un comité con los GAD municipal, parroquial y los representantes de las comunidades al compromiso de mantener y restaurar las distintas zonas de la microcuenca

del Río Tutanangoza (Mingas de limpieza, reforestación), con la participación de distintos actores sociales a través de reuniones frecuentes.

Por último, se recomienda realizar actividades de monitoreo frecuentes, teniendo en cuenta ciertos parámetros físicos, químicos y microbiológicos con el fin de gestionar adecuadamente los recursos hídricos y promover la implementación de acciones óptimas de recuperación y protección.

9. REFERENCIAS

- Bueno, K. A., Torres Lozada, P., & Delgado Cabrera, L. G. (2014). MONITOREO Y MEDICIÓN DEL AJUSTE DEL pH DEL AGUA TRATADA DEL RÍO CAUCA MEDIANTE ÍNDICES DE ESTABILIZACIÓN. *Grupo de Investigación Estudio y Control de la Contaminación Ambiental*, <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v17n2/v17n2a28.pdf>.
- Baque Mite, R. (2016). CALIDAD DEL AGUA DESTINADA AL CONSUMO HUMANO EN UN CANTÓN DE ECUADOR. *CIENCIA UNEMI*, <http://ojs.unemi.edu.ec/index.php/cienciaunemi/article/view/357> pdf 25-35.
- Bolaños Alfaro, J. D., Cordero Castro, G., & Segura Araya, G. (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). *Tecnología en Marcha*, <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v30n4/0379-3982-tem-30-04-15.pdf>.
- Cotler Ávalos, H., & Galindo Alcántar, A. (2013). Cuencas hidrográficas. Fundamentos y perspectivas. *SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales)*, 10-11.
- Kennedy Pérez, A., Fragoza Díaz, F., Peña Peña, E., & Moreno Bañuelos, J. E. (1992). Manual de aforos. *INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA (IMTA)*, http://repositorio.imta.mx/bitstream/handle/20.500.12013/971/IMTA_028.pdf?se 16-19.
- Lucas Vidal, L. R., & Carreño Mendoza, Á. L. (2018). Calidad de agua de consumo humano en las comunidades balsa en medio, Julián y Severino de la microcuenca Carrizal, Ecuador. *Instituto de Investigación FIMMg-unMsM*, <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/15785/13521>.
- Solís Castro, Y., Zúñiga Zúñiga, L. A., & Mora Alvarado, D. (2017). La conductividad como parámetro predictivo de dureza/ Conductivity as a predictive parameter of hardness. *Revista Tecnología en Marcha*, <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v31n1/0379-3982-tem-31-01-35.pdf>.
- Aznar Jiménez, A. (2000). DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE CALIDAD DE LAS AGUAS. *Instituto Tecnológico de Química y Materiales "Álvaro Alonso Barba"*, 12-19.

- Barahona Castillo, Y. M., Luna Fontalvo, J. A., & Romero Borja, I. M. (2017). CALIDAD BACTERIOLÓGICA DEL AGUA DE LOS RÍOS MANAURE Y CASACARÁ, DEPARTAMENTO DEL CESAR, COLOMBIA. *Luna Azul*, https://www.researchgate.net/profile/Luna_Jorge/publication/334558738_Como_citar_el_articulo_Numero_completo_Mas_informacion_del_articulo_Pagina_de_la_revista_en_researchgate_Sistema_de_Informacion_Cientifica_Redalyc_Red_de_Revistas_Cientificas_de_America_L.
- Basán Nickisch, M. (2018). Aforadores de Corriente de Agua. *INTA-EEA Santiago del Estero*, 34-39.
- Behar, R., Zúniga, M., & Rojas, O. (1997). Análisis y Valoración del Índice de Calidad de Agua (ICA) de la NSF: Caso Ríos Cali y Meléndez. *Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería*, 41-45.
- Béjar Suárez, J., & Mendoza Trujillo, B. (2018). CONTAMINACIÓN ORGÁNICA DEL RÍO CHAMBO EN EL ÁREA DE DESCARGA DE AGUA RESIDUAL DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA. *Perfiles Revista Científica*, http://dspace.espech.edu.ec/bitstream/123456789/9387/1/per_n20_v2_05.pdf.
- Brown R. M. (1970). A Water Quality Index - Do We Dare? *Water and Sewage Works*.
- Brown, L., & Barnwell, T. (1987). The Enhanced Stream Water Quality Models. *Documentation and User Manual, Environmental Agency Protection, EPA*.
- Burbano Legarda, L. (2000). Medición de corrientes de agua. *Ciencias agrícolas*, 350-351.
- Cabrera Molina, E., Hernández Garciadiego, L., Gómez Ruíz, H., & Cañizares Macías, M. (2003). Determinación de nitratos y nitritos en agua. Comparación de costos entre un método de flujo continuo y un método estándar. *Revista de la Sociedad Química de México*, <http://www.scielo.org.mx/pdf/rsqm/v47n1/v47n1a14.pdf>.
- Camacho, A., Giles, A., Ortegón, A., Palao, M., & Serran, B. (2009). Método para la determinación de bacterias coliformes, coliformes fecales y *Escherichia coli* por la técnica de diluciones en tubo múltiple (Número más Probable o NMP). En *Técnicas para el Análisis Microbiológico de Alimentos. 2ª ed. Facultad de Química, UNAM. México*. (págs. http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/TecnicBasicas-Colif-tot-fecales-Ecoli-NMP_6529.pdf). Mexico.
- Camino, M. A., Bó, M. J., Cionchi, J. L., & Del Río, J. L. (2018). Estudio morfométrico de las cuencas de drenaje de la vertiente sur del sudeste de la provincia de Buenos Aires. *Revista Universitaria de Geografía*, 7-8.
- Carrillo Alvarado, M. S., & Urgilés Calle, P. D. (2016). DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA ICA-NSF. *FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS ESCUELA DE INGENIERÍA AMBIENTAL*, 44-50.
- Carrillo Zapata, E. M., & Lozano Caicedo, A. M. (2008). Validación del método de detección de coliformes fecales y totales en agua potable utilizando Agar Chromocult. *Pontificia Universidad Javeriana/ Facultad de Ciencias/ Carrera de Microbiología Industrial*, 7.
- Carvajal Parra, E. X. (2017). Análisis Integral de la calidad del agua del Río Ambato, mediante la utilización de indicadores biológicos, completamentadas con variables físico-químicas

- para la elaboración de propuestas de gestión. *Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental*, <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/16996/3/CD-7573.pdf>.
- Chamorro, L., Cantero, A., & Ocampo, M. (2018). CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA DE LA CUENCA DEL ARROYO YACARÉ. *Facultad de Ciencias Aplicadas, Universidad Nacional de Pilar*.
- Chávez Villena, J. A. (2018). Calidad del agua y desarrollo sostenible/ Water quality and sustainable development. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342018000200019.
- Curt, J. F. (2010). *Fundación Global Nature*. Obtenido de <https://fundacionglobalnature.org/>: <https://www.fundacionglobalnature.org/macrophytes/documentacion/Cap%EDtulos%20Manual/Cap%EDtulos%20Anexos1.pdf>
- Duque-Sarango, P., Cajamarca-Rivadeneira, R., Wemple, B.C., Delgado-Fernández, M.E., 2019. Estimation of the water balance of for a small tropical andean catchment [Estimación Del Balance Hídrico De Una Cuenca Andina Tropical]. *Granja* 29, 56–69. <https://doi.org/10.17163/lgr.n29.2019.05>
- Duque-sarango, P., Cando, A., Segarra, F., Zhingri, A., 2018. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología. Rev. Amaz. Cienc. y Tecnol.* 7, 172–183.
- Duque-Sarango, Paola, Patiño, D.M., López, X.E., 2019. Evaluación del Sistema de Modelamiento Hidrológico HEC-HMS para la Simulación Hidrológica de una Microcuenca Andina Tropical. *Inf. tecnológica* 30, 351–362. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642019000600351>
- Duque Sarango, P., Heras Naranjo, C., Lojano Criollo, D., 2018. Modelamiento del tratamiento biológico de aguas residuales; estudio en planta piloto de contactores biológicos rotatorios. *Rev. Cienc. UNEMI* 11, 88–96. <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol11iss28.2018pp88-96>
- ENCA. (2016). ESTRATEGIA NACIONAL DE CALIDAD DEL AGUA. *SENAGUA*, https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/05/Estrategia-Nacional-de-Calidad-del-Agua_2016-2030.pdf.
- Escobar, J. (2002). La contaminación de los rios y sus efectos en las areas costeras y el mar. *Recursos Naturales e Infraestructura*, https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=H0q1O9STDIEC&oi=fnd&pg=PA5&dq=contaminaci%C3%B3n+del+rio&ots=xcynpLyJyF&sig=8zAkq67JHL33tG8h_10y3EQM0ks#v=onepage&q=contaminaci%C3%B3n%20del%20rio&f=false; 10-25.
- Finkler, R. (2016). Planeamiento, Manejo y Gestión de Cuencas. *Agencia Nacional de Aguas – ANA*, https://capacitacao.ead.unesp.br/dspace/bitstream/ana/83/2/Unidade_1.pdf.
- GAD Asunción. (29 de 10 de 2015). *Gobierno Autonomo Descentralizado de la parroquia Asunción*. Obtenido de http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/0260014040001_DIAGNOSTICO_LA_ASUNCION_29-10-2015_01-57-08.pdf
- GAD Morona Santiago. (2015). PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE MORONA SANTIAGO/ PDOT/ZONA6/. *PDOT*, <http://app.sni.gob.ec/sni->

link/sni/PDOT/ZONA6/NIVEL_DEL_PDT_PROVINCIAL/ECORAE_MORONA/_MSPUBLIC/PDF/ZEE%20II%20MORONA.pdf.

- GAD Sucúa. (2015). PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTON SUCUA. PDOT, http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/1460000880001_Diagnostico_Componentes_PDyOT_Sucua_2015_10-03-2015_10-38-29.pdf.
- Galárraga Sánchez, R. H. (2001). ESTADO Y GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN EL ECUADOR. *HidroRed*, http://www.uagraria.edu.ec/publicaciones/revistas_cientificas/12/039-2016.pdf.
- Galárraga-Sánchez, R. H. (15 de Febrero de 2000). Cepal. *INFORME NACIONAL SOBRE LA GESTION DEL AGUA EN EL ECUADOR*, 18-29. Obtenido de Cepal: <https://www.cepal.org/>
- Gravelius, H. (1914). Morphometry of Drainage Bassins. Amsterdam, Elsevier. *Flusskunde. Goschen Verlagshan dlug Berlin. En Zavoianu, I.*
- Gualdrón Durán, L. E. (2016). EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE RÍOS DE COLOMBIA . *Línea de investigación: Saneamiento ambiental*, 97-98.
- HACH. (2014). Oxygen, Dissolved Ultra High Range Method 1.0 to 40.0 mg/L O2 (UHR). *AccuVac® Ampuls*, <https://www.hach.com/dissolved-oxygen-accuvac-ampules-high-range-pk-25/product-downloads?id=7640193981>.
- Hidalgo Tamayo, L. A. (2017). *Guía practica para aforar en canales y cauces naturales, utilizando istrumentacion basica y de bajo costo*. Quito-Ecuador: Escuela Politecnica Nacional.
- Horton, R. E. (1945). Erosional development of streams and their drainagebasins: hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geol. Soc. America Bulletin, Vol 56, No. 3*, 275-370.
- INAMHI. (2019). Anuario Metereológico. *Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología*, <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/>.
- INEN. (2013). AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. TÉCNICAS DE MUESTREO. *Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria*, <http://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-2176-AGUA.-CALIDAD-DEL-AGUA.-MUESTREO.-T%C3%89CNICAS-DE-MUESTREO.pdf>.
- Larios Ortiz, L. (2009). Contaminación del agua por nitratos: significación sanitaria. *Revista Archivo Médico de Camagüey*, http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-02552009000200017.
- León Vizcaíno, L. (2016). Índices de Calidad del Agua (ICA), Forma de estimarlos y Aplicación en la Cuenca Lerma-Chapala. *Mexico*, <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6147/1/ICA%20Forma%20de%200estimarlos.pdf>.
- Londoño Carvajal, A., Giraldo Gómez, G. I., & Gutiérrez Gallego, Á. A. (2010). MÉTODOS ANALÍTICOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICOQUÍMICA DEL

AGUA. *UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MANIZALES*, <http://bdigital.unal.edu.co/49658/7/9789588280394.pdf> 48-50.

- Mendoza Caicedo, S. D., & Rodriguez Lindao, J. J. (2018). Evaluación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del embalse Chongón provincia del Guayas durante los dos últimos trimestres del 2018. *UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS CARRERA DE QUÍMICA Y FARMACIA*, <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/39965/1/BCIEQ-T-0374%20Mendoza%20Caicedo%20Sergio%20David%3b%20Rodr%3%adguez%20Lindao%20Jehinson%20Joao.pdf>.
- Minaya Vela, R. J. (2017). PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS, MICROBIOLÓGICOS, PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA EN LA LAGUNA MORONACocha, ÉPOCA DE TRANSICION CRECIENTE-VACIANTE QUITOS. PERU. . *UNAP , ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL*, http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4690/Reynaldo_Tesis_Titulo_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Montalvo-Ochoa, F., Robles-Bykbaev, V., Duque-Sarango, P., Gonzalez-Arias, K., 2020. An educational rule-based expert system to determine water quality for environmental engineering and biotechnology students, in: *EDUNINE 2020 - 4th IEEE World Engineering Education Conference: The Challenges of Education in Engineering, Computing and Technology without Exclusions: Innovation in the Era of the Industrial Revolution 4.0*, Proceedings. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., pp. 1–6. <https://doi.org/10.1109/EDUNINE48860.2020.9149502>.
- Montoya, C. (2011). EFECTO DEL INCREMENTO EN LA TURBIEDAD DEL AGUA CRUDA SOBRE LA EFICIENCIA DE PROCESOS CONVENCIONALES DE POTABILIZACIÓN. *EIA*, http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1794-12372011000200011&script=sci_abstract&tlng=es.
- Mora Arellan, V., & García, A. (2013). Evaluación de la calidad del agua y su tendencia corrosiva en los morichales Guaricongo y Los Caribes, Municipio Heres, Ciudad Bolívar, estado Bolívar, Venezuela. *Advanced Mining Technology Center, Universidad de Chile*, http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-46482013000200007.
- Muñoz Nava , H., & Suárez Sánchez, J. (2012). DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO Y POBLACIÓN EN LA SUBCUENCA DEL RÍO ZAHUAPAN, TLAXCALA, MÉXICO. *Rev. Int. Contam. Ambie.*, <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v28n1/v28n1a3.pdf>.
- Muñoz, H., Orozco, S., Vera, A., Suárez, J., & Jiménez, J. (2015). Relación entre oxígeno disuelto, precipitación pluvial y temperatura: río Zahuapan, Tlaxcala, México. *Tecnología y ciencias del agua*, http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222015000500005.
- NTE INEN 1202:2013. (2013). AGUA. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO5). *NORMA TÉCNICA ECUATORIANA*, <http://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-1202-AGUAS.-DEMANDA-BIOQU%3%8DMICA-DE-OX%3%8DGENO-DBO5.pdf>.

- OMM. (2011). ADQUISICIÓN Y PROCESO DE DATOS, ANALISIS, PREDICCIÓN Y OTRAS APLICACIONES. En OMM, *GUÍA DE PRÁCTICAS HIDROLÓGICAS-Hidrología – De la medición a la información* (págs. 180-182). Organización Meteorológica Mundial (OMM).
- Ortega Ramos, M. L. (2008). ANÁLISIS DE LA CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA (COLIFORMES TOTALES Y FECALES) EN LA BAHÍA DE SANTA MARTA, CARIBE COLOMBIANO / Analysis Of The Microbiological Contamination (Total And Fecales Coliforms) In The Bay Of Santa Marta, Colombian Caribbean. *Acta biol. Colomb. Vol. 13*, <http://www.scielo.org.co/pdf/abc/v13n3/v13n3a7.pdf>.
- Palacios Ruiz, E. J. (2016). Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas. *Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua UNAN-Managua*, 6.
- Pérez Díaz, J. P., & Ortega Escobar, H. M. (2018). Concentración de nitrato, fosfato, boro y cloruro en el agua del río Lerma. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-90282019000100175&script=sci_arttext.
- Quevedo, P. (2017). OBTENCIÓN DE UN ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA) PARA LAS CIÉNAGAS QUE FORMAN PARTE DE LA ZONA INUNDABLE DEL RÍO MAGDALENA EN EL DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO . *Universidad Internacional de Andalucía ; Universidad de Huelva*.
- Robalino Rodríguez, C., & López Zevallos, R. (2011). *Sistemas de Drenajes y Agua de Riego en la Cuenca Alta, Media y Baja del Río Valdivia*. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/90475/D-79340.pdf>
- Strahler, A. N. (1957). Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Eos, Transactions American Geophysical Union*.
- Tulsma. (2003). Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes recurso agua. *Libro VI anexo 1*, 301-303.
- Valiente Barderas, A., & Noriega Bernecha, J. (1993). *Manual del Ingeniero Químico*. Mexico: LIMUSA, S.A.de C.V. GRUPO NORIEGA EDITORES.
- Vazquez, D. (2003). Estudio de Factibilidad para la Construcción de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. *UDLA-P*, 18-25.
- Villegas Jiménez, N. E. (2011). DETERMINACIÓN DE ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR MATERIA ORGÁNICA ICOMO. *CORMACARENA*, 2-3.
- Zouiten , H. (2012). Análisis Mediante Modelado Avanzado de Procesos de Eutrofización en Lagunas Litorales: Aplicación a Masas de Agua Atlánticas y Mediterráneas. *Departamento de Ciencias y Técnicas del Agua y del Medio Ambiente* , 40-41.
- Zuñiga, H. C. (2009). ADAPTACION Y APLICACION DE UN INDICE DE CALIDAD DEL AGUA ARMONIZADO (ICCA). *Ciencias especialidad en Sitemas Ambientales*, 18-29.

10. ANEXOS

ANEXO 1: Procedimiento de laboratorio para el análisis de las muestras de agua

a) Temperatura del Agua

- **Procedimiento**

Una vez tomada la muestra de agua en el río se procedió a realizar la lectura de la temperatura con ayuda de un termómetro especializado.

b) pH

- **Procedimiento**

-Se calibro el electrodo con disoluciones patrón (tampones) de pH conocido.

-Se introdujo la varilla agitadora teflonada (imán) hacia la muestra de agua a analizar.

-Se procedió a leer el valor del pH cuando la lectura se estabilizo.



Ilustración 13: pH metro

Fuente: Autor

c) Solidos Totales Disueltos

- **Procedimiento**

-Se introdujo 30 ml de agua destilada en un vaso de precipitación y se procedió a la calibración del equipo mediante la lectura del mismo en el cual marque 0 (pocos segundos).

-Seguidamente se introdujo 100 ml de muestra en un vaso de precipitación, se agito y se esperó hasta que la lectura marque (pocos segundos).

- Se utilizó un conductímetro de lectura digital y la medida directa de la conductividad TDS de la muestra apareció en la pantalla.

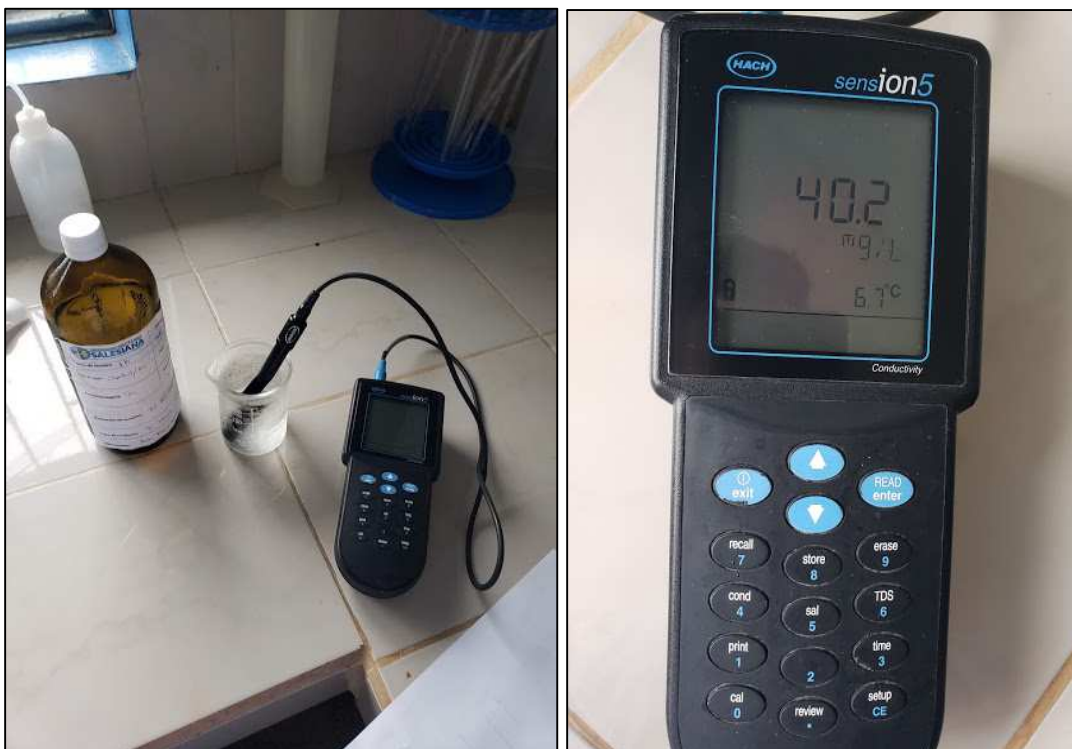


Ilustración 14: Determinación de Solidos Totales Disueltos (TDS)

Fuente: Autor

d) DBO5

- **Reactivos**

- Se utilizó una disolución de alliltiourea el cual consistía en disolver 5 g de reactivo alliltiourea en un litro de agua destilada. Esta disolución se utilizó como inhibidor de la nitrificación.

- Sosa cáustica (NaOH) en perlas.

- **Procedimiento**

-Se introdujo una varilla agitadora (imán) en el interior del biómetro.

-Se añadió el inhibidor de la nitrificación en una proporción equivalente a 20 gotas y la disolución de alliltiourea por litro de muestra.

-Se puso dos perlas de NaOH en la cápsula diseñada a tal efecto.

-Se añadió un volumen de muestra determinado en el biómetro. El volumen a utilizar depende del rango de DBO esperado, y está especificado en las instrucciones de uso del biómetro.

-Se colocó la cápsula conteniendo NaOH sobre la parte superior del biómetro, una vez que la muestra esté estable y no se observen burbujas de aire.

-Se cerró el DBO metro con el correspondiente tapón-registrador, y se puso la lectura a cero.

-Se introdujo el DBO metro en una cámara a 25°C y se encendió el agitador magnético. Se mantuvo una agitación suave constante durante todo el ensayo.



Ilustración 15: DBO metro para determinar la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)
Fuente: Autor

e) Turbidez.

● **Procedimiento**

- Se acondicionó la muestra a temperatura ambiente antes de su análisis.
- Se encendió el turbidímetro y se dejó que se estabilice de acuerdo al manual de operación del equipo.
- Se enjuago la celda dos veces con muestra para evitar errores por dilución.
- Se reemplazó la celda con la disolución patrón por la celda que contiene la muestra para analizar y cerró el compartimento de la celda para su lectura.

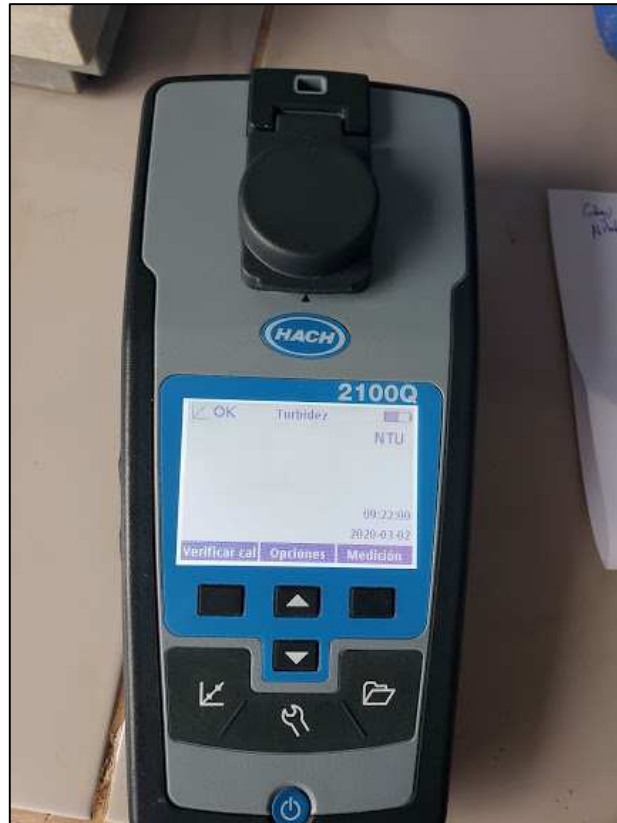


Ilustración 16: Turbidímetro
Fuente: Autor

f) Oxígeno Disuelto

- **Procedimiento**

- Se acondicionó la muestra a temperatura ambiente antes de su análisis.
- Se encendió el colorímetro y se digitó el código de O.D para posteriormente dejarlo estabilizando de acuerdo al manual de operación del equipo.
- Se llenó la celda con 10 ml de muestra (blanco).
- Se utilizó un vaso de precipitación de 150 ml de agua.
- Seguidamente se introdujo la capsula HACH DISSOLVED OXY. HR en el vaso de precipitación, se presionó en el fondo hasta romper su parte superior y se dejó que reaccione con la muestra por 2 minutos.

- Posteriormente se colocó el blanco en el equipo para estabilizarlo y finalmente la capsula HACH DISSOLVED OXY. HR para su lectura



Ilustración 17: Determinación de Oxígeno Disuelto (O.D)

Fuente: Autor

g) Nitratos (NO_3)

• Procedimiento

- Primero se llenó la celda con 10 ml de muestra (blanco) y otros 10 ml en otra celda (Lectura)
- Seguidamente se utilizó el reactivo químico NitraVer 5 en la celda para la lectura y se dejó reposar por 5 min
- Luego se preparó el equipo con su código de lectura y se calibró con la celda de 10 ml de muestra (blanco)

- Finalmente se realizó la lectura introduciendo la celda de 10 ml de muestra en reacción con el NitraVer 5 en el equipo.

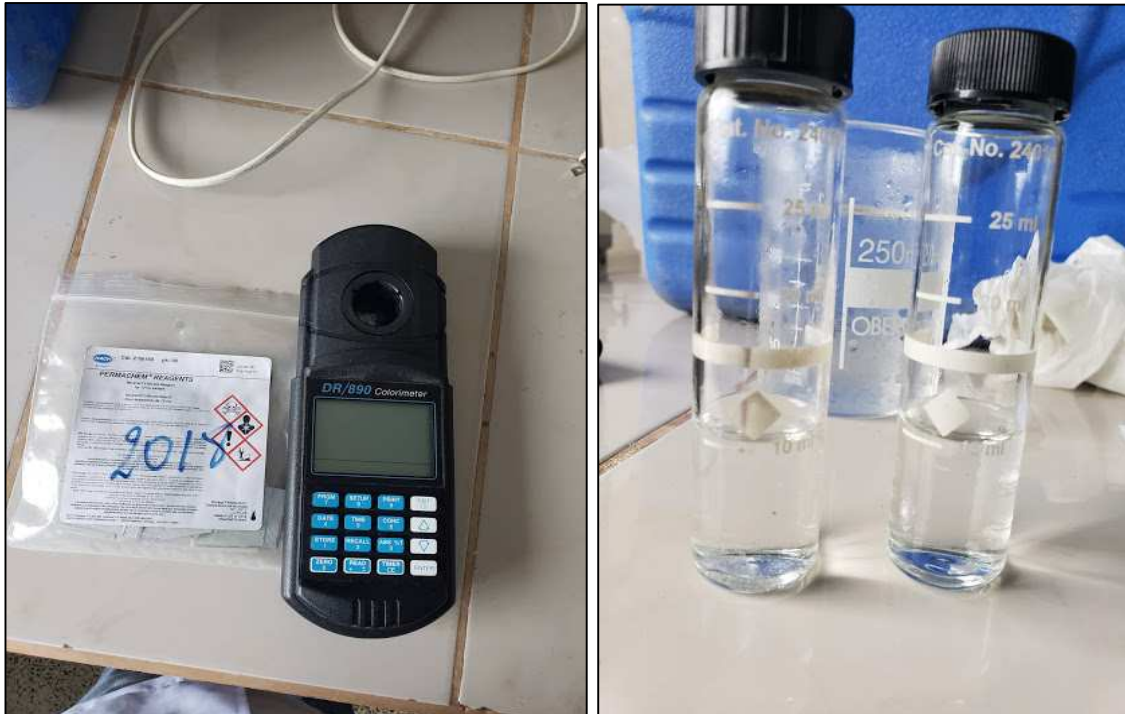


Ilustración 18: Determinación de Nitratos (NO₃)

Fuente: Autor

h) Fosfatos (PO₄)

- **Procedimiento**

- Se inició llenando la celda con 10 ml de muestra (blanco) y otros 10 ml en otra celda (Lectura)
- Seguidamente se añadió el reactivo químico PhosVer 3 en la celda para la lectura y se dejó reposar por 5 min
- Posteriormente se preparó el equipo con su código de lectura y se calibró con la celda de 10 ml de muestra (blanco)

- Finalmente se realizó la lectura introduciendo la celda de 10 ml de muestra en reacción con el PhosVer 3 en el equipo.

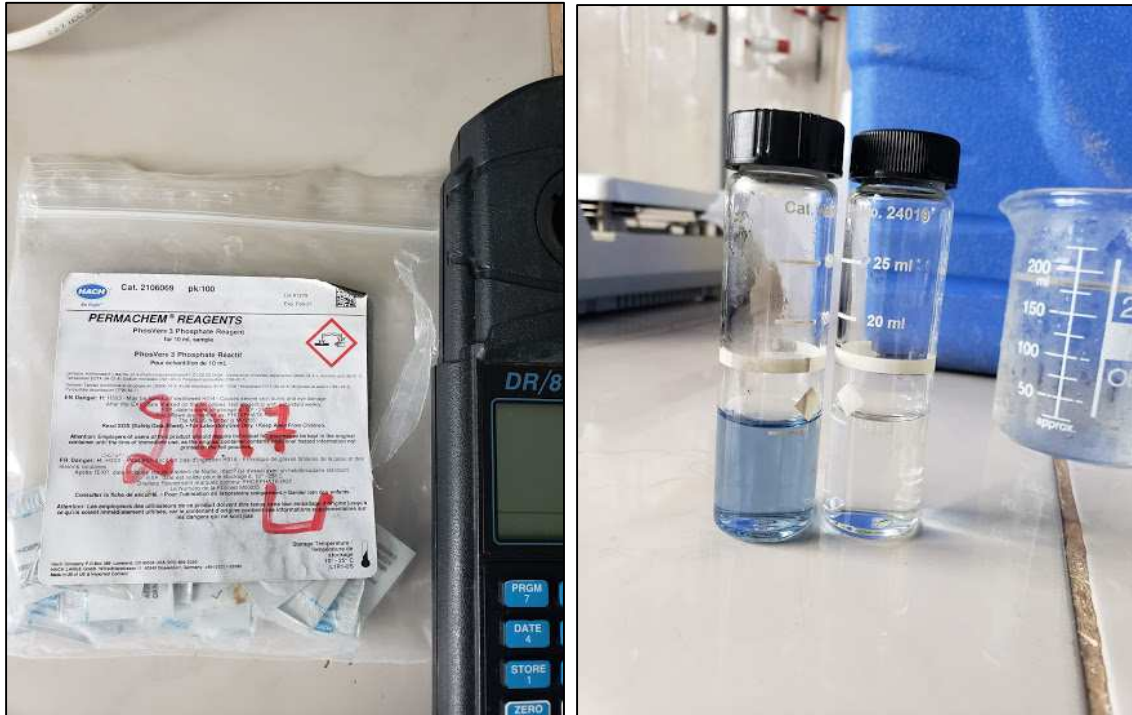


Ilustración 19: Determinación de Fosfatos (PO₄)
Fuente: Autor

i) Coliformes Fecales

● Reactivos

-Disolución de Fluorocult: Se Disolvió 34 g de Fluorocult en 500 ml de agua destilada. Esta disolución se utilizó como cultivo.

- Reactivo Kovac's.



Ilustración 20: Reactivos químicos Fluorocult y Kovac's
Fuente: Autor

- **Procedimiento**

- Primero se disolvió 34 g de Fluorocult en 500 ml de agua destilada y se llevó a la estufa a 120 °C para su posterior refrigeración.
- Seguidamente se lavó los instrumentos de laboratorio necesarios para la determinación de este parámetro para posteriormente esterilizarlos a 120 °C por una hora.
- Para la siembra de coliformes se colocó 5 ml de caldo de cultivo Fluorocult a 10 tubos (50 ml para 10 tubos)
- Luego se colocó 10 ml de muestra de agua a 10 tubos (100 ml para 10 tubos) que previamente contenían el caldo de cultivo y se cerró con su respectiva tapa.
- Finalmente se colocó los tubos la siembra de coliformes en la incubadora a 35 °C por 24 horas.

- Para la confirmación de tubos positivos con coliformes fecales se añadió 3 gotas de reactivo Kovac's a los tubos que presentaron un cambio en su color de amarillo a azul turquesa que posteriormente presentó un anillo de color violeta en su parte superior.



Ilustración 21: Siembra de muestras para la determinación de Coliformes Fecales
Fuente: Autor



Ilustración 22: Confirmación de tubos positivos con Coliformes Fecales
Fuente: Autor

Para el análisis de 10 tubos con 10 ml de muestra se interpretaron los resultados en la Tabla 27 la cual se muestra estadísticamente con un nivel de confianza del 95 %.

Tabla 27: Índice del NMP con 95% de límite de confianza

No de Tubos Positivos	NPM/100 ml	Nivel de confianza del 95 %.	
		Inferior	Superior
0	< 1,1	0,0	3,0
1	1,1	0,03	5,9
2	2,2	0,26	8,1
3	3,6	0,69	10,6
4	5,1	1,3	13,4
5	6,9	2,1	16,8
6	9,2	3,1	21,1
7	12,0	4,3	27,1
8	16,1	5,9	36,8
9	23,0	8,1	59,5
10	>23,0	13,5	Infinito

Fuente: (Camacho, Giles, Ortegón, Palao, & Serran, 2009)

ANEXO 2: Cálculo de la velocidad corregida de la corriente en base al recorrido del flotador por dos secciones transversales

a) Velocidad en 5 m de recorrido del flotador para el mes de febrero 2020 en el punto P.C.1	
N° de mediciones	Tiempo (s)
1	4,33
2	4,25
3	4,36
4	4,22
5	4,34
6	4,26
7	4,42
8	4,33
9	4,44
10	4,39
11	4,34
12	4,44
13	4,25
14	4,38
15	4,35
Velocidad promedio	1,15
F	0,86
Velocidad corregida	0,99 m / s

b) Velocidad en 5 m de recorrido del flotador para el mes de marzo 2020 en el punto P.C.1	
N° de mediciones	Tiempo (s)
1	4,95
2	5,01
3	4,97
4	5,04
5	5,06
6	5,04
7	5,1
8	5,12
9	5,05
10	5,01
11	5,06
12	5,03
13	5,08
14	5,03
15	5,01
Velocidad promedio	0,99
F	0,86
Velocidad corregida	0,85 m/s

c) Velocidad en 5 m de recorrido del flotador para el mes de junio 2020 en el punto P.C.1	
N° de mediciones	Tiempo (s)
1	5,02
2	4,76
3	4,89
4	5,01
5	4,88
6	5,13
7	4,9
8	5,1
9	4,7
10	4,8
11	4,6
12	4,98
13	4,86
14	5,12
15	5,11
Velocidad promedio	1,02
F	0,86
Velocidad corregida	0,87 m/s

d) Velocidad en 6 m de recorrido del flotador para el mes de febrero 2020 en el punto P.C.2	
N° de mediciones	Tiempo (s)
1	4,28
2	4,55
3	4,67
4	4,77
5	4,44
6	4,23
7	4,33
8	4,55
9	4,22
10	4,12
11	4,25
12	4,57
13	4,75
14	4,33
15	4,23
Velocidad promedio	1,36
F	0,86
Velocidad corregida	1,17 m/s

e) Velocidad en 6 m de recorrido del flotador para el mes de marzo 2020 en el punto P.C.2	
N° de mediciones	Tiempo (s)
1	5,03
2	5,13
3	5,11
4	5,41
5	5,33
6	5,22
7	4,98
8	5,01
9	5,3
10	5,24
11	5,22
12	5,11
13	5,04
14	5,12
15	5,11
Velocidad promedio	1,16
F	0,86
Velocidad corregida	1,00 m/s

f) Velocidad en 6 m de recorrido del flotador para el mes de junio 2020 en el punto P.C.2	
N° de mediciones	Tiempo (s)
1	4,88
2	4,64
3	4,93
4	4,98
5	5,01
6	4,9
7	5,04
8	5
9	4,93
10	4,83
11	4,76
12	4,88
13	4,89
14	4,92
15	4,96
Velocidad promedio	1,22
F	0,86
Velocidad corregida	1,05 m/s

g) Velocidad en 9 m de recorrido del flotador para el mes de febrero 2020 en el punto P.C.3	
Nº de mediciones	Tiempo (s)
1	6,54
2	6,32
3	6,66
4	6,12
5	6,08
6	6,11
7	6,12
8	6,44
9	6,5
10	6,89
11	6,9
12	6,56
13	6,23
14	6,01
15	5,94
Velocidad promedio	1,41
F	0,86
Velocidad corregida	1,22 m/s

h) Velocidad en 9 m de recorrido del flotador para el mes de marzo 2020 en el punto P.C.3	
Nº de mediciones	Tiempo (s)
1	6,08
2	6,65
3	6,32
4	6,76
5	6,13
6	6,3
7	6,56
8	6,45
9	6,22
10	6,55
11	6,44
12	6,67
13	6,55
14	6,22
15	5,86
Velocidad promedio	1,51
F	0,86
Velocidad corregida	1,30 m/s

i) Velocidad en 9 m de recorrido del flotador para el mes de junio 2020 en el punto P.C.3	
Nº de mediciones	Tiempo (s)
1	6,3
2	6,55
3	6,72
4	6,53
5	6,22
6	6,11
7	6,15
8	6,23
9	6,32
10	6,78
11	6,55
12	6,44
13	6,65
14	6,48
15	6,23
Velocidad promedio	1,40
F	0,86
Velocidad corregida	1,21 m/s

j) Velocidad en 7,5 m de recorrido del flotador para el mes de febrero 2020 en el punto P.C.4	
N° de mediciones	Tiempo (s)
1	8,85
2	8,35
3	8,96
4	8,6
5	7,82
6	8,21
7	8,89
8	8,5
9	8,62
10	8,38
11	8,89
12	8,63
13	8,82
14	8,75
15	8,87
Velocidad promedio	0,87
F	0,86
Velocidad corregida	0,75 m/s

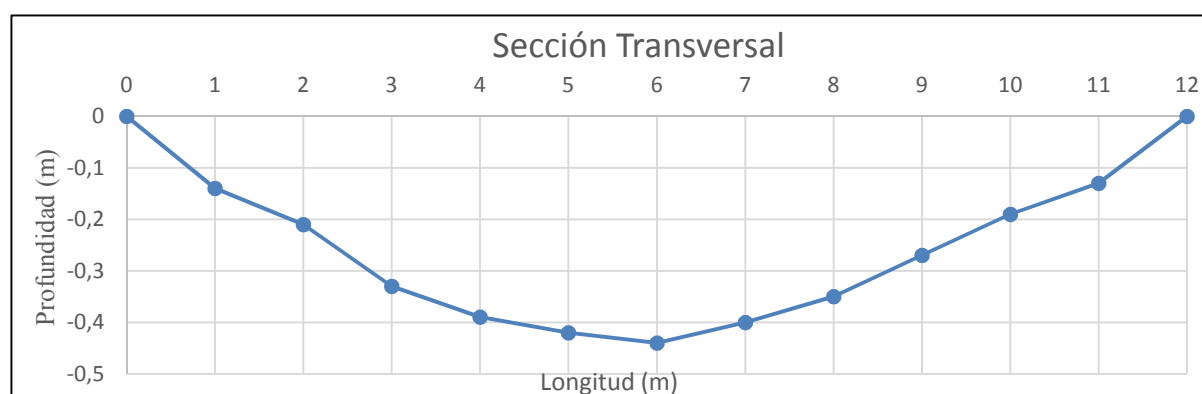
k) Velocidad en 7,5 m de recorrido del flotador para el mes de marzo 2020 en el punto P.C.4	
N° de mediciones	Tiempo (s)
1	8,15
2	8,54
3	8,34
4	8,76
5	8,13
6	8,3
7	8,56
8	8,45
9	8,22
10	8,13
11	8,34
12	8,66
13	8,55
14	8,37
15	8,55
Velocidad promedio	0,96
F	0,86
Velocidad corregida	0,82 m/s

l) Velocidad en 7,5 m de recorrido del flotador para el mes de junio 2020 en el punto P.C.4	
N° de mediciones	Tiempo (s)
1	9,12
2	9,25
3	9,24
4	9,12
5	9,01
6	9,05
7	9,01
8	9,05
9	9,01
10	8,99
11	9,1
12	9,15
13	9,07
14	9
15	8,9
Velocidad promedio	0,89
F	0,86
Velocidad corregida	0,76 m/s

ANEXO 3: Cálculo del Área en una sección transversal para cada punto de muestreo durante toda la campaña de monitoreo

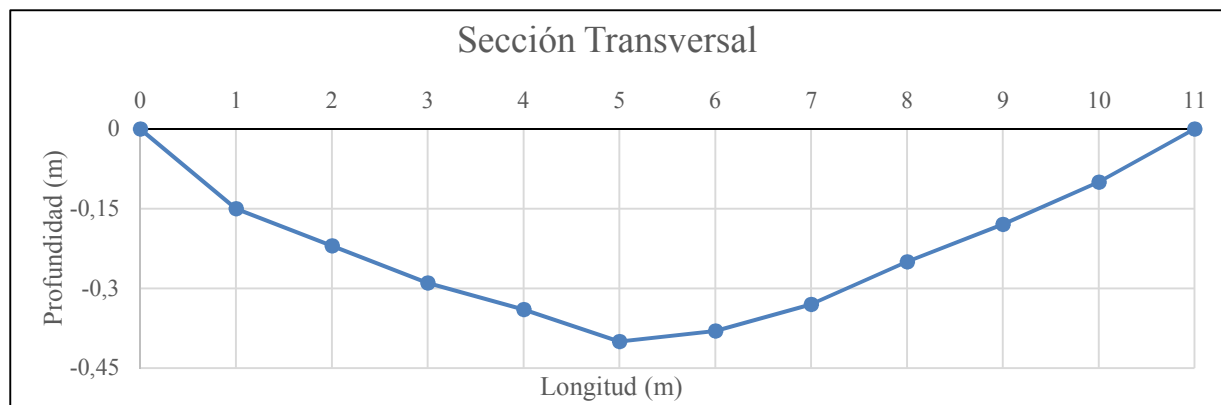
a) Área de una sección transversal en el punto P.C.1 para el mes de febrero 2020				
Profundidad en cada sección (m)		Medición cada metro (m)		Resultados m2
H0	0	0		
H1	0,14	1	A1=	0,07
H2	0,21	1	A2=	0,175
H3	0,33	1	A3=	0,27
H4	0,39	1	A4=	0,36
H5	0,42	1	A5=	0,405
H6	0,44	1	A6=	0,43
H7	0,4	1	A7=	0,42
H8	0,35	1	A8=	0,375
H9	0,27	1	A9=	0,31
H10	0,19	1	A10=	0,23
H11	0,13	1	A11=	0,16
H12	0	1	A12=	0,065
AREA TOTAL				3,27 m2

Fuente: Autor



b) Área de una sección transversal en el punto P.C.1 para el mes de marzo 2020				
Profundidad en cada sección (m)		Medición cada 1 (m)		Resultados m2
H0	0	0		

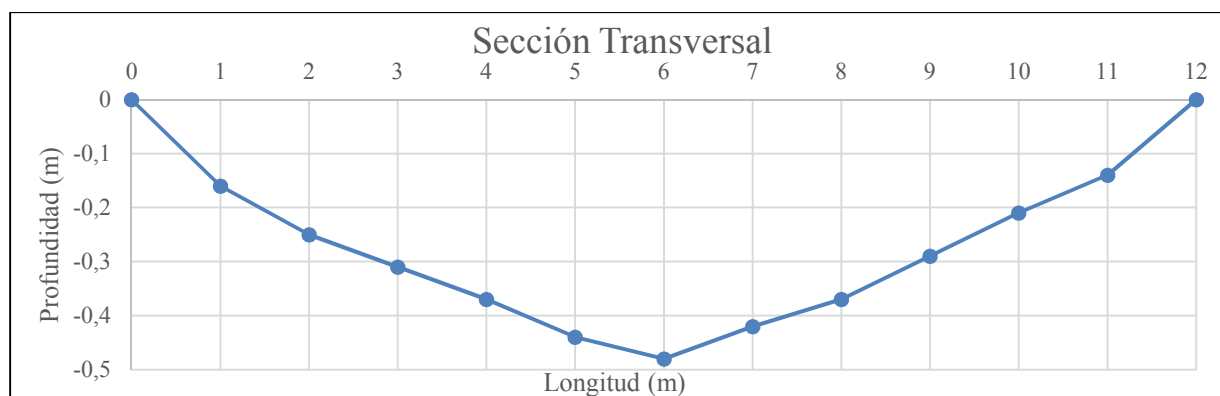
H1	0,15	1	A1=	0,075
H2	0,22	1	A2=	0,185
H3	0,29	1	A3=	0,255
H4	0,34	1	A4=	0,315
H5	0,4	1	A5=	0,37
H6	0,38	1	A6=	0,39
H7	0,33	1	A7=	0,355
H8	0,25	1	A8=	0,29
H9	0,18	1	A9=	0,215
H10	0,1	1	A10=	0,14
			AREA TOTAL	2,59 m2



Fuente: Autor

c) Área de una sección transversal en el punto P.C.1 para el mes de junio 2020		
Profundidad en cada sección (m)	Medición cada metro (m)	Resultados m2

H0	0	0		
H1	0,16	1	A1=	0,08
H2	0,25	1	A2=	0,205
H3	0,31	1	A3=	0,28
H4	0,37	1	A4=	0,34
H5	0,44	1	A5=	0,405
H6	0,48	1	A6=	0,46
H7	0,42	1	A7=	0,45
H8	0,37	1	A8=	0,395
H9	0,29	1	A9=	0,33
H10	0,21	1	A10=	0,25
H11	0,14	1	A11=	0,175
H12	0	1	A12=	0,07
AREA TOTAL				3,44 m2

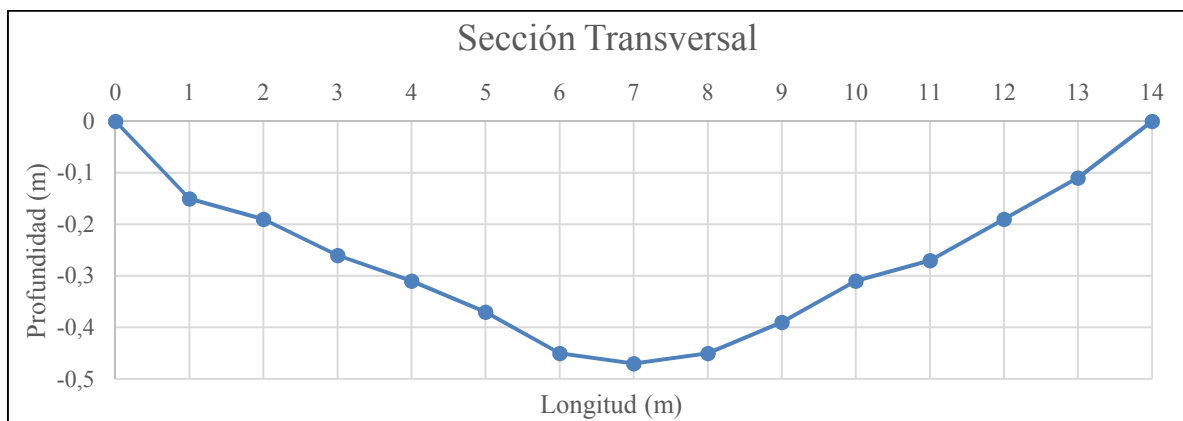


Fuente: Autor

d) Área de una sección transversal en el punto P.C.2 para el mes de febrero 2020		
Profundidad en cada sección (m)	Medición cada metro (m)	Resultados m2

H0	0	0		
H1	0,15	1	A1=	0,075
H2	0,19	1	A2=	0,17
H3	0,26	1	A3=	0,225
H4	0,31	1	A4=	0,285
H5	0,37	1	A5=	0,34
H6	0,45	1	A6=	0,41
H7	0,47	1	A7=	0,46
H8	0,45	1	A8=	0,46
H9	0,39	1	A9=	0,42
H10	0,31	1	A10=	0,35
H11	0,27	1	A11=	0,29
H12	0,19	1	A12=	0,23
H13	0,11	1	A13=	0,15
H14	0	1	A14=	0,055

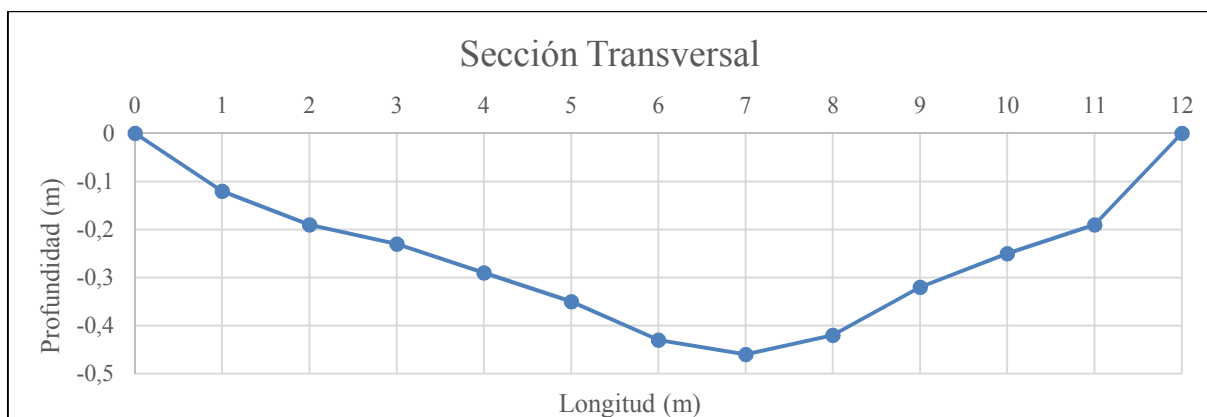
AREA TOTAL 3,92 m²



Fuente: Autor

e) Área de una sección transversal en el punto P.C.2 para el mes de marzo 2020

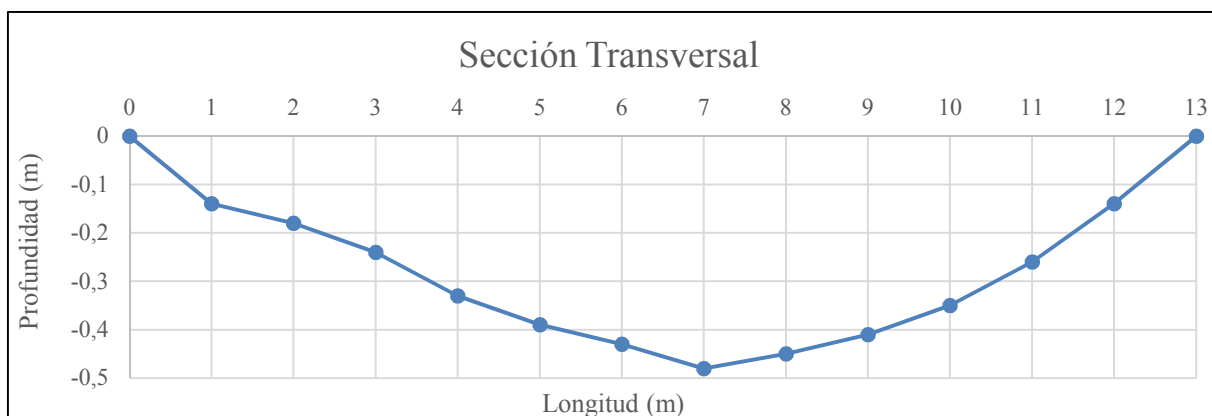
Profundidad en cada sección (m)		Medición cada 1 (m)		Resultados m2	
H0	0	0			
H1	0,12	1	A1=	0,06	
H2	0,19	1	A2=	0,155	
H3	0,23	1	A3=	0,21	
H4	0,29	1	A4=	0,26	
H5	0,35	1	A5=	0,32	
H6	0,43	1	A6=	0,39	
H7	0,46	1	A7=	0,445	
H8	0,42	1	A8=	0,44	
H9	0,32	1	A9=	0,37	
H10	0,25	1	A10=	0,285	
H11	0,19	1	A11=	0,22	
H12	0	1	A12=	0,095	
AREA TOTAL				3,25 m2	



Fuente: Autor

f) Área de una sección transversal en el punto P.C.2 para el mes de junio 2020

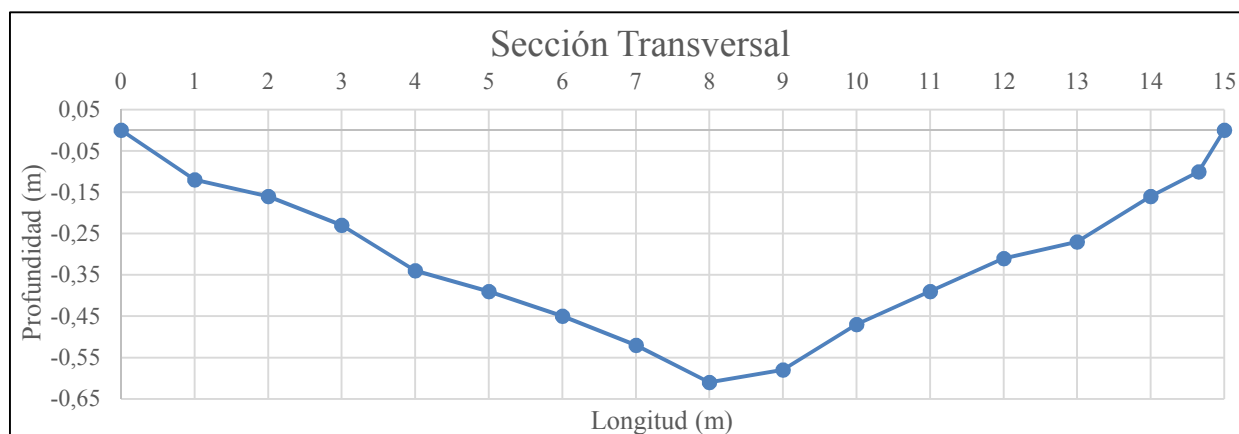
Profundidad en cada sección (m)	Medición cada metro (m)		Resultados m2	
H0	0	0		
H1	0,14	1	A1=	0,07
H2	0,18	1	A2=	0,16
H3	0,24	1	A3=	0,21
H4	0,33	1	A4=	0,285
H5	0,39	1	A5=	0,36
H6	0,43	1	A6=	0,41
H7	0,48	1	A7=	0,455
H8	0,45	1	A8=	0,465
H9	0,41	1	A9=	0,43
H10	0,35	1	A10=	0,38
H11	0,26	1	A11=	0,305
H12	0,14	1	A12=	0,2
H13	0	1	A13=	0,07
AREA TOTAL				3,80 m2



Fuente: Autor

g) Área de una sección transversal en el punto P.C.3 para el mes de febrero 2020

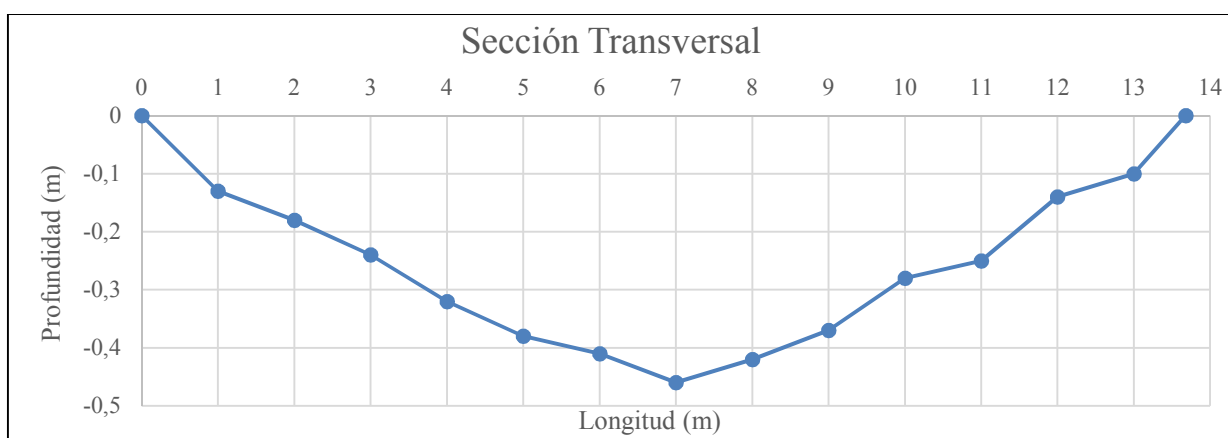
Profundidad en cada sección (m)		Medición cada metro (m)		Resultados m2	
H0	0		0		
H1	0,12		1	A1=	0,06
H2	0,16		1	A2=	0,14
H3	0,23		1	A3=	0,195
H4	0,34		1	A4=	0,285
H5	0,39		1	A5=	0,365
H6	0,45		1	A6=	0,42
H7	0,52		1	A7=	0,485
H8	0,61		1	A8=	0,565
H9	0,58		1	A9=	0,595
H10	0,47		1	A10=	0,525
H11	0,39		1	A11=	0,43
H12	0,31		1	A12=	0,35
H13	0,27		1	A13=	0,29
H14	0,16		1	A14=	0,215
H15	0,1		0,65	A15=	0,0845
H16	0		0		0
				AREA TOTAL	5,005 m2



Fuente: Autor

h) Área de una sección transversal en el punto P.C.3 para el mes de marzo 2020

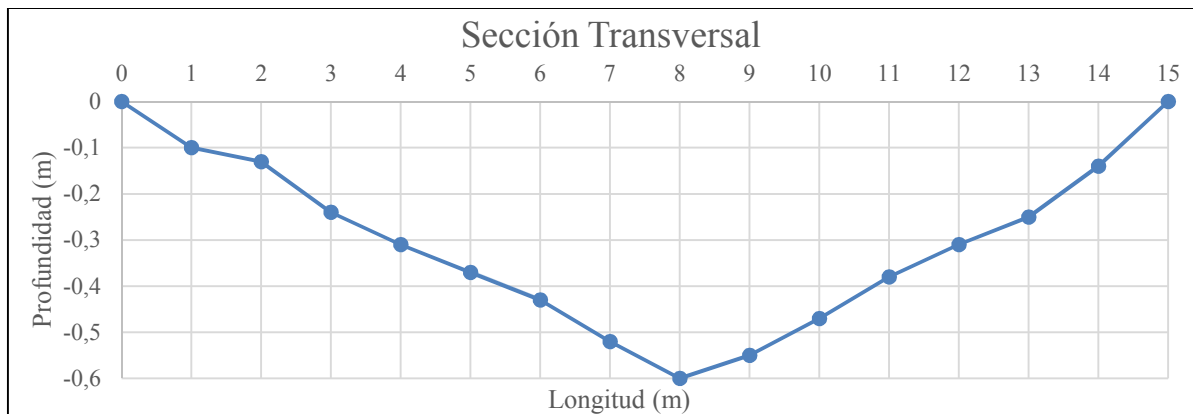
Profundidad en cada sección (m)	Medición cada 1 (m)		Resultados m2	
H0	0	0		
H1	0,13	1	A1=	0,065
H2	0,18	1	A2=	0,155
H3	0,24	1	A3=	0,21
H4	0,32	1	A4=	0,28
H5	0,38	1	A5=	0,35
H6	0,41	1	A6=	0,395
H7	0,46	1	A7=	0,435
H8	0,42	1	A8=	0,44
H9	0,37	1	A9=	0,395
H10	0,28	1	A10=	0,325
H11	0,25	1	A11=	0,265
H12	0,14	1	A12=	0,195
H13	0,1	1	A13=	0,12
H14	0	0,68	A14=	0,034
			AREA TOTAL	3,66 m2



Fuente: Autor

i) Área de una sección transversal en el punto P.C.3 para el mes de junio 2020

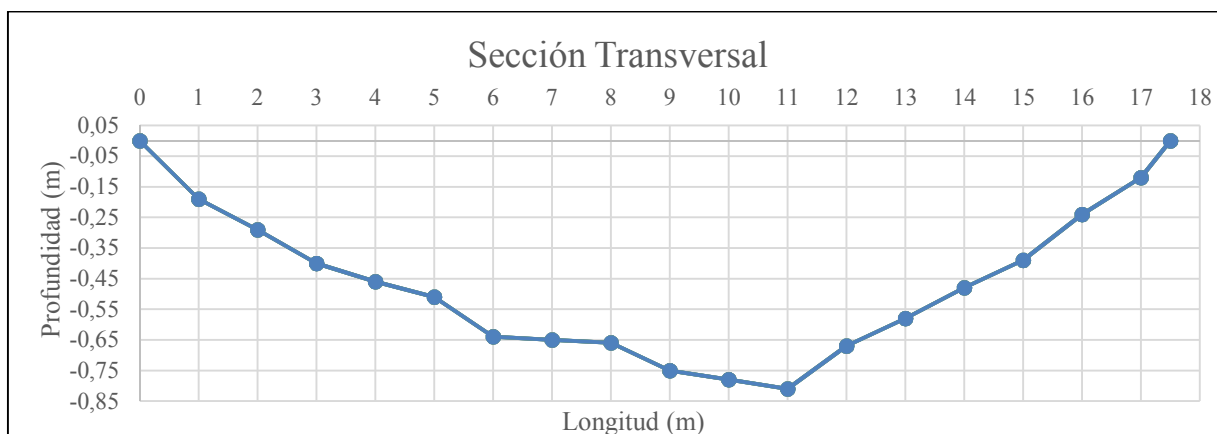
Profundidad en cada sección		Medición cada metro (m)	Resultados m2	
	(m)			
H0	0	0		
H1	0,1	1	A1=	0,05
H2	0,13	1	A2=	0,115
H3	0,24	1	A3=	0,185
H4	0,31	1	A4=	0,275
H5	0,37	1	A5=	0,34
H6	0,43	1	A6=	0,4
H7	0,52	1	A7=	0,475
H8	0,6	1	A8=	0,56
H9	0,55	1	A9=	0,575
H10	0,47	1	A10=	0,51
H11	0,38	1	A11=	0,425
H12	0,31	1	A12=	0,345
H13	0,25	1	A13=	0,28
H14	0,14	1	A14=	0,195
			AREA TOTAL	4,730 m2



Fuente: Autor

j) Área de una sección transversal en el punto P.C.4 para el mes de febrero 2020

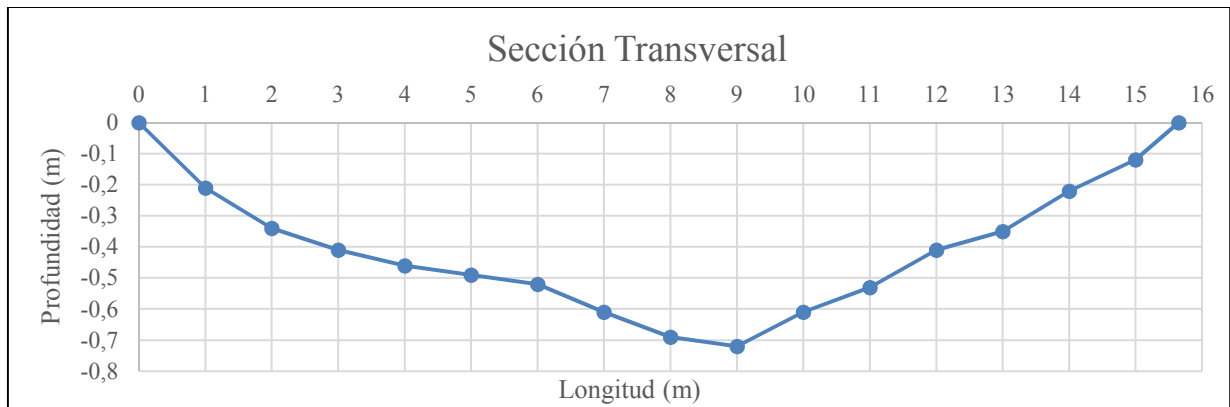
Profundidad en cada sección (m)		Medición cada metro (m)		Resultados m2	
H0	0		0		
H1	0,19		1	A1=	0,095
H2	0,29		1	A2=	0,24
H3	0,4		1	A3=	0,345
H4	0,46		1	A4=	0,43
H5	0,51		1	A5=	0,485
H6	0,64		1	A6=	0,575
H7	0,65		1	A7=	0,645
H8	0,66		1	A8=	0,655
H9	0,75		1	A9=	0,705
H10	0,78		1	A10=	0,765
H11	0,81		1	A11=	0,795
H12	0,67		1	A12=	0,74
H13	0,58		1	A13=	0,625
H14	0,48		1	A14=	0,53
H15	0,39		1	A15=	0,435
H16	0,24		1	A16=	0,315
H17	0,12		0,5	A17=	0,09
H18	0		0	A18	0
				AREA TOTAL	8,47 m2



Fuente: Autor

k) Área de una sección transversal en el punto P.C.4 para el mes de marzo 2020

Profundidad en cada sección (m)		Medición cada 1 (m)		Resultados m2	
H0	0	0			
H1	0,21	1	A1=	0,105	
H2	0,34	1	A2=	0,275	
H3	0,41	1	A3=	0,375	
H4	0,46	1	A4=	0,435	
H5	0,49	1	A5=	0,475	
H6	0,52	1	A6=	0,505	
H7	0,61	1	A7=	0,565	
H8	0,69	1	A8=	0,65	
H9	0,72	1	A9=	0,705	
H10	0,61	1	A10=	0,665	
H11	0,53	1	A11=	0,57	
H12	0,41	1	A12=	0,47	
H13	0,35	1	A13=	0,38	
H14	0,22	1	A12=	0,29	
H15	0,12	1	A13=	0,17	
H16	0	0,65	A12=	0,04	
				AREA TOTAL	6,67 m2

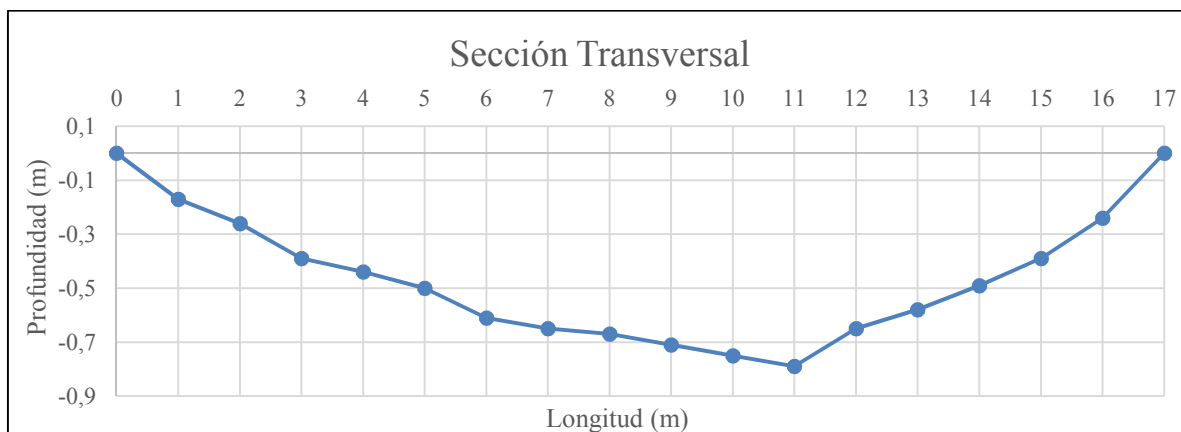


Fuente: Autor

D) Área de una sección transversal en el punto P.C.4 para el mes de junio 2020

Profundidad en cada sección (m)	Medición cada metro (m)	Resultados m2
H0	0	
H1	0,17	A1= 0,085
H2	0,26	A2= 0,215
H3	0,39	A3= 0,325
H4	0,44	A4= 0,415
H5	0,5	A5= 0,47
H6	0,61	A6= 0,555
H7	0,65	A7= 0,63
H8	0,67	A8= 0,66
H9	0,71	A9= 0,69
H10	0,75	A10= 0,73
H11	0,79	A11= 0,77
H12	0,65	A12= 0,72
H13	0,58	A13= 0,615
H14	0,49	A14= 0,535
H15	0,39	A15= 0,44
H16	0,24	A16= 0,315

AREA TOTAL 8,17 m2



Fuente: Autor

ANEXO 4: Análisis Fisicoquímicos y Microbiológicos del Río Tutanangoza

ANALISIS DE AGUA EN LA MICROCUENCA DEL RIO TUTANANGOZA

Parámetros	Mes en punto de muestreo P.C. 1			Mes en punto de muestreo P.C. 2			Mes en punto de muestreo P.C. 3			Mes en punto de muestreo P.C. 4			Unidades
	Febrero	Marzo	Junio	Febrero	Marzo	Junio	Febrero	Marzo	Junio	Febrero	Marzo	Junio	
Temperatura	15	16,2	15,5	16,1	17,5	16,4	17,3	18,7	17,7	18,2	19,3	17,9	°C
Turbiedad	13,77	4,33	9,34	132,7	65,5	76,6	143,3	75,2	83,8	222,4	83,4	93,33	NTU
pH	8,48	8,12	8,33	8,23	7,8	8,3	8,3	7,9	8,1	8,3	8,1	8,3	pH
Fosfatos (PO4)	0,398	0,32	0,29	0,783	0,89	0,77	1,686	2,012	1,98	2,63	3,56	2,44	mg/l
Nitratos (NO3)	0,4	0,43	0,75	0,3	0,6	0,5	0,7	0,77	0,83	1,37	1,86	1,55	mg/l
Solidos Disueltos Totales	33,8	13,1	29,3	40,2	18,3	24,5	50,2	24,3	35,5	90,2	46,3	39,33	mg/l
Oxígeno Disuelto	9,5	8,5	8,3	11,4	8,2	9,12	10,1	8,1	8,34	8,1	8	8,1	mg O2/l
Demanda Bioquímica de Oxígeno	1,03	0,89	0,96	1,33	1,7	1,55	2,8	2,01	1,89	2,4	1,7	2,1	mg/l
Coliformes fecales	220	110	110	690	510	510	1610	920	690	2300	1610	1610	NMP/100ml

Fuente: Autor

ANEXO 5: Boletín de desarrollo meteorológico

SECRETARÍA DEL AGUA



DIRECCIÓN DE PRONÓSTICOS Y ALERTAS HIDROMETEOROLÓGICAS

Boletín Meteorológico Nro. 010

Estatus: Desarrollo

PREDICCIÓN Y VIGILANCIA DE CONDICIONES METEOROLÓGICAS

Fecha y hora de emisión: Lunes, 24 de febrero de 2020 a las 22:00 horas

Vigencia: desde 20H00 del 24 de febrero hasta 10H00 del 29 de febrero de 2020

NIVEL AMENAZA METEOROLÓGICA: MEDIO Y ALTO

FENÓMENO: LLUVIAS Y TORMENTAS ELÉCTRICAS

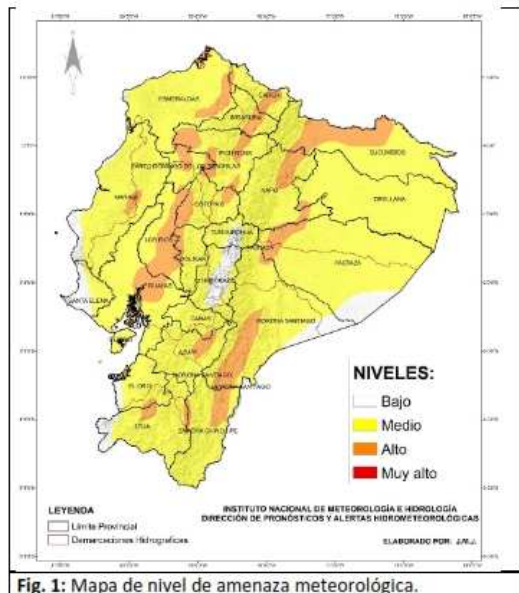


Fig. 1: Mapa de nivel de amenaza meteorológica.

DESCRIPCIÓN

Se prevé persistencia de precipitaciones de variable intensidad en gran parte del territorio nacional, en algunos casos estarán acompañadas de tormentas eléctricas. Las zonas con mayor probabilidad de eventos más intensos denotan coloración naranja en la figura 1.

Los eventos de lluvias de mayor consideración que se registraron dentro de nuestra red de monitoreo en días anteriores (del 21 al 24) fueron en las provincias de: Esmeraldas, Santo Domingo de los Tsáchilas, Los Ríos, Santa Elena, Guayas, El Oro, Noroccidente de Pichincha, Loja, Sucumbios y Morona Santiago, con acumulados en 24 horas que superaron los 100 mm; siendo las localidades de La Concordia y Milagro las que registraron alrededor de 111.0 mm.

Los eventos de precipitación previstos anteriormente mediante el Boletín de Advertencia Nro. 10, responden al acoplamiento de una serie de factores atmosféricos los cuales originan mayor aporte de humedad, agua precipitable e inestabilidad en nuestro país.

¿QUÉ PUEDE PASAR?

- Probable acumulación de agua en hogares y caminos susceptibles, así como posible desbordamiento de cuerpos de agua.
- Probable interrupción de servicios públicos en algunos lugares.
- Algunos cierres de carreteras. Se esperan tiempos de viaje más largos.

ZONAS AFECTADAS:

Provincias del Ecuador continental, sin embargo los episodios de mayor consideración se prevén hacia el interior del Litoral, norte y sur de la región Interandina, al norte y en las estribaciones de la cordillera Oriental de la región Amazónica.

El Servicio Nacional De Gestión De Riesgos y Emergencias recomienda:

Si vives en una zona de riesgo, planifica la evacuación hacia una zona segura.

Fuente: (INAMHI, 2020)

ANEXO 6: Tablas de cálculo del índice de calidad ICA-NSF

a) Tabla de Cálculo de ICA-NSF (P.C.1 febrero)

<i>Parámetros</i>	<i>Unidades</i>	<i>Resultados</i>	<i>W_i</i>	<i>Sub_i</i>	<i>Total</i>	<i>Calificación ICA</i>	
Coliformes						Buena	
Fecales	NMP/100ml	220	0,15	41,9	6,29		
pH	----	8,48	0,12	67,24	8,07		
DBO5	mg /l	1,03	0,1	88,34	8,83		
Nitratos	mg/l	0,4	0,1	96,08	9,61		
Fosfatos	mg/l	0,398	0,1	76	7,60		
Temperatura	°C	15	0,1	39,2	3,92		
Turbidez	NTU	13,77	0,08	76,82	6,15		
Solidos disueltos Totales	mg/l	33,8	0,08	86,12	6,89		
Oxígeno Disuelto	mg O2/l	9,5	0,17	94,6	16,08		
Sumatoria Índice					73,43		

Fuente: Autor

b) Tabla de Cálculo de ICA-NSF (P.C.2 febrero)

<i>Parámetros</i>	<i>Unidades</i>	<i>Resultados</i>	<i>W_i</i>	<i>Sub_i</i>	<i>Total</i>	<i>Calificación ICA</i>	
Coliformes						Regular	
Fecales	NMP/100ml	690	0,15	29,92	4,488		
pH		8,23	0,12	76,49	9,1788		
DBO5	mg/l	1,33	0,1	85,82	8,582		
Nitratos	mg/l	0,3	0,1	96,56	9,656		
Fosfatos	mg/l	0,783	0,1	53,02	5,302		
Temperatura	°C	16,1	0,1	45	4,5		
Turbidez	NTU	132,7	0,08	5	0,4		
Solidos disueltos Totales	mg/l	40,2	0,08	86,4	6,912		
Oxígeno Disuelto	mg O2/l	11,4	0,17	92,4	15,708		
Sumatoria Índice					64,73		

c) Tabla de Cálculo de ICA-NSF (P.C.3 febrero)

<i>Parámetros</i>	<i>Unidades</i>	<i>Resultados</i>	<i>W_i</i>	<i>Sub_i</i>	<i>Total</i>	<i>Calificación ICA</i>
-------------------	-----------------	-------------------	----------------------	------------------------	--------------	-------------------------

			W_i	Sub_i		
Coliformes						
Fecales	NMP/100ml	1610	0,15	21,05	3,1575	Regular
pH		8,3	0,12	73,9	8,868	
DBO5	mg/l	2,8	0,1	73,48	7,348	
Nitratos	mg/l	0,7	0,1	94,64	9,464	
Fosfatos	mg/l	1,686	0,1	31,08	3,108	
Temperatura	°C	17,3	0,1	59,08	5,908	
Turbidez	NTU	143,3	0,08	5	0,4	
Solidos disueltos Totales	mg/l	50,2	0,08	88	7,04	
Oxígeno Disuelto	mg O2/l	10,1	0,17	96	16,32	
Sumatoria Índice					61,61	

Fuente: Autor

d) Tabla de Cálculo de ICA-NSF (P.C.4 febrero)

<i>Parámetros</i>	<i>Unidades</i>	<i>Resultados</i>	W_i	Sub_i	<i>Total</i>	<i>Calificación ICA</i>
Coliformes						
Fecales	NMP/100ml	2300	0,15	19,97	2,9955	Regular
pH		8,3	0,12	73,9	8,868	
DBO5	mg/l	2,4	0,1	76,84	7,684	
Nitratos	mg/l	1,37	0,1	91,4	9,14	
Fosfatos	mg/l	2,63	0,1	23,22	2,322	
Temperatura	°C	18,2	0,1	69,52	6,952	
Turbidez	NTU	222,4	0,08	5	0,4	
Solidos disueltos Totales	mg/l	90,2	0,08	85,6	6,848	
Oxígeno Disuelto	mg O2/l	8,1	0,17	89	15,13	
Sumatoria Índice					60,34	

Fuente: Autor

e) Tabla de Cálculo de ICA-NSF (P.C.1 marzo)

<i>Parámetros</i>	<i>Unidades</i>	<i>Resultados</i>		<i>Total</i>	<i>Calificación ICA</i>
-------------------	-----------------	-------------------	--	--------------	-------------------------

			W_i	Sub_i		
Coliformes						Buena
Fecales	NMP/100ml	110	0,15	44,7	6,705	
pH		8,12	0,12	80,56	9,6672	
DBO5	mg/l	0,89	0,1	89,52	8,952	
Nitratos	mg/l	0,43	0,1	97,85	9,785	
Fosfatos	mg/l	0,32	0,1	80,8	8,08	
Temperatura	°C	16,2	0,1	24,36	2,436	
Turbidez	NTU	4,33	0,08	88,34	7,0672	
Solidos disueltos Totales	mg/l	13,1	0,08	82,34	6,5872	
Oxígeno Disuelto	mg O2/l	8,5	0,17	88,5	15,045	
				Sumatoria Índice	74,32	

Fuente: Autor

f) Tabla de Cálculo de ICA-NSF (P.C.2 marzo)

<i>Parámetros</i>	<i>Unidades</i>	<i>Resultados</i>	W_i	Sub_i	<i>Total</i>	<i>Calificación ICA</i>
Coliformes						Regular
Fecales	NMP/100ml	510	0,15	34,52	5,178	
pH		7,8	0,12	86	10,32	
DBO5	mg/l	1,7	0,1	82,72	8,272	
Nitratos	mg/l	0,6	0,1	96,17	9,617	
Fosfatos	mg/l	0,89	0,1	46,4	4,64	
Temperatura	°C	17,5	0,1	28	2,8	
Turbidez	NTU	65,5	0,08	32,4	2,592	
Solidos disueltos Totales	mg/l	18,3	0,08	83,29	6,6632	
Oxígeno Disuelto	mg O2/l	8,2	0,17	88	14,91	
				Sumatoria Índice	65,04	

Fuente: Autor

g) Tabla de Cálculo de ICA-NSF (P.C.3 marzo)

<i>Parámetros</i>	<i>Unidades</i>	<i>Resultados</i>	W_i	Sub_i	<i>Total</i>	<i>Calificación ICA</i>	
Coliformes						Regular	
Fecales	NMP/100ml	920	0,15	24,04	3,606		
pH		7,9	0,12	85,5	10,26		
DBO5	mg/l	2,01	0,1	80,12	8,012		
Nitratos	mg/l	0,77	0,1	96,15	9,615		
Fosfatos	mg/l	2,012	0,1	26,28	2,628		
Temperatura	°C	18,7	0,1	35,68	3,568		
Turbidez	NTU	75,2	0,08	27,12	2,1696		
Solidos disueltos Totales	mg/l	24,3	0,08	84,37	6,7496		
Oxígeno Disuelto	mg O2/l	8,1	0,17	89,5	15,215		
Sumatoria Índice					61,82		

Fuente: Autor

h) Tabla de Cálculo de ICA-NSF (P.C.4 marzo)

<i>Parámetros</i>	<i>Unidades</i>	<i>Resultados</i>	W_i	Sub_i	<i>Total</i>	<i>Calificación ICA</i>	
Coliformes						Regular	
Fecales	NMP/100ml	1610	0,15	21,05	3,1575		
pH		8,1	0,12	81,3	9,756		
DBO5	mg/l	1,7	0,1	82,72	8,272		
Nitratos	mg/l	1,86	0,1	90,7	9,07		
Fosfatos	mg/l	3,56	0,1	18,76	1,876		
Temperatura	°C	19,3	0,1	39,52	3,952		
Turbidez	NTU	83,4	0,08	22,15	1,772		
Solidos disueltos Totales	mg/l	46,3	0,08	88,3	7,064		
Oxígeno Disuelto	mg O2/l	8	0,17	89	15,13		
Sumatoria Índice					60,05		

Fuente: Autor

i) Tabla de Cálculo de ICA-NSF (P.C.1 junio)

<i>Parámetros</i>	<i>Unidades</i>	<i>Resultados</i>	<i>W_i</i>	<i>Sub_i</i>	<i>Total</i>	<i>Calificación ICA</i>	
Coliformes						Buena	
Fecales	NMP/100ml	110	0,15	44,7	6,705		
pH		8,33	0,12	73,9	8,868		
DBO5	mg/l	0,96	0,1	88,93	8,893		
Nitratos	mg/l	0,75	0,1	94,4	9,44		
Fosfatos	mg/l	0,29	0,1	82,6	8,26		
Temperatura	°C	15,5	0,1	34,4	3,44		
Turbidez	NTU	9,34	0,08	78,32	6,2656		
Solidos disueltos Totales	mg/l	29,3	0,08	85,27	6,8216		
Oxígeno Disuelto	mg O2/l	8,3	0,17	85	14,45		
Sumatoria Índice					73,14		

Fuente: Autor

j) Tabla de Cálculo de ICA-NSF (PC2 junio)

<i>Parámetros</i>	<i>Unidades</i>	<i>Resultados</i>	<i>W_i</i>	<i>Sub_i</i>	<i>Total</i>	<i>Calificación ICA</i>	
Coliformes						Regular	
Fecales	NMP/100ml	510	0,15	34,52	5,178		
pH		8,3	0,12	73,9	8,868		
DBO5	mg/l	1,55	0,1	83,98	8,398		
Nitratos	mg/l	0,5	0,1	95,6	9,56		
Fosfatos	mg/l	0,77	0,1	53,8	5,38		
Temperatura	°C	16,4	0,1	40,16	4,016		
Turbidez	NTU	76,6	0,08	26,36	2,1088		
Solidos disueltos Totales	mg/l	24,5	0,08	84,41	6,7528		
Oxígeno Disuelto	mg O2/l	9,12	0,17	95	16,15		
Sumatoria Índice					66,41		

Fuente: Autor

k) Tabla de Cálculo de ICA-NSF (P.C.3 junio)

<i>Parámetros</i>	<i>Unidades</i>	<i>Resultados</i>	<i>W_i</i>	<i>Sub_i</i>	<i>Total</i>	<i>Calificación ICA</i>	
Coliformes						Regular	
Fecales	NMP/100ml	690	0,15	29,92	4,488		
pH		8,1	0,12	81,3	9,756		
DBO5	mg/l	1,89	0,1	81,12	8,112		
Nitratos	mg/l	0,83	0,1	94,06	9,406		
Fosfatos	mg/l	1,98	0,1	27,26	2,726		
Temperatura	°C	17,7	0,1	52,12	5,212		
Turbidez	NTU	83,8	0,08	23,48	1,8784		
Solidos disueltos Totales	mg/l	35,5	0,08	86,39	6,9112		
Oxígeno Disuelto	mg O2/l	8,34	0,17	90	15,3		
Sumatoria Índice					63,79		

Fuente: Autor

l) Tabla de Cálculo de ICA-NSF (P.C.4 junio)

<i>Parámetros</i>	<i>Unidades</i>	<i>Resultados</i>	<i>W_i</i>	<i>Sub_i</i>	<i>Total</i>	<i>Calificación ICA</i>	
Coliformes						Regular	
Fecales	NMP/100ml	1610	0,15	21,05	3,1575		
pH		8,3	0,12	73,9	8,868		
DBO5	mg/l	2,1	0,1	79,36	7,936		
Nitratos	mg/l	1,55	0,1	90,56	9,056		
Fosfatos	mg/l	2,44	0,1	24,36	2,436		
Temperatura	°C	17,9	0,1	54,44	5,444		
Turbidez	NTU	93,33	0,08	16,67	1,3336		
Solidos disueltos Totales	mg/l	39,33	0,08	87,07	6,9656		
Oxígeno Disuelto	mg O2/l	8,1	0,17	89	15,13		
Sumatoria Índice					60,33		

Fuente: Autor