

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TÍTULO A OBTENER:

Ingeniero Ambiental

TEMA

DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA-NSF)
DE LAS FUENTES DE AGUA RESULTANTES DE UN PLAN DE
MANEJO DE PÁRAMOS, PARROQUIA SUCRE, CANTÓN PATATE.

AUTORES:

Roney Martin Granizo Taboada

Verónica Nicole Toa López

DIRECTOR DEL PROYECTO:

Msc. Alberto Vélez

PUYO – ECUADOR

2019 – 2020

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Roney Martin Granizo Taboada con C.I: 1726171281 y Verónica Nicole Toa López con C.I: 1724518004, certificamos que los criterios y opiniones que constan en el Proyecto de Investigación y Desarrollo bajo el tema: **“DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA-NSF) DE LAS FUENTES DE AGUA RESULTANTES DE UN PLAN DE MANEJO DE PÁRAMOS, PARROQUIA SUCRE, CANTÓN PATATE”**, son de nuestra autoría y exclusiva responsabilidad.



Roney Martin Granizo Taboada
C.I: 1726171281



Verónica Nicole Toa López
C.I: 1724518004

**CERTIFICADO DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE
INVESTIGACION Y DESARROLLO**

Por medio del presente, Yo, Alberto Vélez Cevallos, con C.I. 1103577209 certifico que los egresados Roney Martin Granizo Taboada y Verónica Nicole Toa López, realizaron el Proyecto de Investigación y Desarrollo titulado "DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA-NSF) DE LAS FUENTES DE AGUA RESULTANTES DE UN PLAN DE MANEJO DE PÁRAMOS, PARROQUIA SUCRE, CANTÓN PATATE" previo a la obtención del título de ingeniero ambiental bajo mi supervisión.


MSC. ALBERTO VÉLEZ CEVALLOS
DIRECTOR DEL PROYECTO



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND



Oficio No. 48-SAU-UEA-2020

Puyo, 27 de enero de 2020

Por medio del presente **CERTIFICO** que:

El Proyecto de Investigación correspondiente a los egresados GRANIZO TABOADA RONEY MARTIN con C.I. 1726171281; y TOA LÓPEZ VERÓNICA NICOLE con C.I. 1724518004, con el Tema: "**Determinación del índice de calidad de agua (ICA-NSF) de las fuentes de agua resultantes de un plan de manejo de paramos, parroquia sucre, cantón Patate**", de la carrera, Ingeniería Ambiental. Director del proyecto MSc. Vélez Alberto, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 4%, Informe generado con fecha 14 de enero de 2020 por parte del director, conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,


Ing. Italo Marcelo Lara Pilco MSc.

ADMINISTRADOR DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND – UEA – .

CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El Proyecto de Investigación y Desarrollo titulado "DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA-NSF) DE LAS FUENTES DE AGUA RESULTANTES DE UN PLAN DE MANEJO DE PÁRAMOS, PARROQUIA SUCRE, CANTÓN PATATE", fue aprobado por los siguientes miembros del tribunal.


Para constancia firma:



Dr. Ricardo Abril
Presidente del Tribunal



MSc. Margarita Jara
Miembro del Tribunal



MSc. Xavier Carvajal
Miembro del Tribunal

Agradecimiento

Si bien ha requerido de esfuerzo y mucha dedicación, no hubiese sido posible su finalización sin el apoyo de mis padres y la cooperación desinteresada de todas y cada una de las personas que me acompañaron en el recorrido laborioso de la carrera.

Agradezco al Ingeniero Oscar Rojas Secretario Técnico de Fondo de Páramos Tungurahua y Lucha Contra la Pobreza, quien nos brindó el apoyo y la oportunidad de realizar el proyecto de investigación en esta Institución. A mi compañero de proyecto Martin ya que nos hemos apoyado y desarrollado en trabajo sin dificultades, a mis compañeros de trabajo Mariela, Erika y Mario por la ayuda al realizar el levantamiento de información. Al apoyo profesional de mi tutor el Ingeniero Alberto Vélez que encausó mi trabajo con sus conocimientos. A los Ingenieros Xavier Carvajal y Raúl Valverde que me ayudaron a despejar dudas y a guiar de mejor manera la investigación.

Nicole

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por darme la voluntad y fuerza necesaria para seguir adelante, también quiero agradecer a mi madre Janeth, a mi padre Mario y a mi hermano Wagner por todo el apoyo y cariño brindado día a día sin ellos nada de esto habría sido posible.

Uno de los principales pilares para cumplir esta meta ha sido mi familia agradezco a Haddy, Wilman, Wellington y Doris por todo su apoyo, confianza y consejos.

Agradezco a todo el equipo de trabajo del FMPLPT, por la paciencia y apoyo brindado, especialmente al Ing. Oscar y Mariela.

Incluyo una mención especial a mis amigos los Nd's, y a Dama por su cariño y apoyo incondicional.

Martin

Dedicatoria

A mis padres Edgar y Patricia, dicen que la mejor herencia que nos pueden dejar son los estudios, sin embargo, no siento que sea el único legado del cual yo me siento muy agradecida. A mi hermano Omar y a mi padrastro Fredi que me han apoyado económica y moralmente y a toda mi familia y amigos que me ha dado ánimos para salir a delante. En especial a Christopher quien me ayudo a estudiar y a no darme por vencida, también me ha acompañado en toda mi vida universitaria.

Les dedico este trabajo de titulación.

Nicole

Este proyecto de investigación se lo dedico a mi difunto abuelo Papito David, a mamacita Olimpia, y a toda mi familia Granizo y Taboada.

Martin

Resumen

Es importante determinar la calidad de agua proveniente del ecosistema páramo debido a que estas fuentes de agua son las que brindan diversos servicios ambientales que son esenciales para el desarrollo sostenible y consumo humano en la provincia de Tungurahua. El Fondo de Páramos Tungurahua y Lucha Contra la Pobreza como mecanismo de financiamiento apoya los Planes de Manejo de Páramos con el fin de conservar los recursos naturales no renovables y mantener sus fuentes de agua en cantidad y calidad, por consiguiente el presente proyecto de investigación se enfoca en la determinación del Índice de Calidad de Agua, aplicando la metodología de Brown propuesta por la Fundación Nacional de Saneamiento de los Estados Unidos (ICA – NSF) en las fuentes de agua de la parroquia Sucre, con el propósito de verificar la eficiencia del manejo que se le da al ecosistema páramo. En el área de estudio se determinó tres fuentes de agua: Cooperativa Uno, Cooperativa Dos y Sudagua, las cuales son destinadas para uso pecuario. El monitoreo se llevó a cabo en el mes de noviembre y diciembre del 2019 considerando un mes de diferencia con el fin de obtener un resultado más representativo, lo cual permitió determinar que las tres fuentes de agua analizadas se encuentran en la categoría de “Buena calidad”. Por otra parte, los resultados obtenidos fueron comparados con los Límites máximos permisibles según el Libro VI, Anexo I. del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), que ayuda a verificar el uso adecuado que se le puede dar a estas fuentes de agua.

Palabras Clave: calidad de agua, muestreo, fuentes de agua, páramo, análisis.

ABSTRACT

It is important to determine the quality of water coming from the moor ecosystem because these water sources are the ones that provide various environmental services that are essential for sustainable development and human consumption in the province of Tungurahua. The “Fondo de Páramos Tungurahua y Lucha Contra la Pobreza” as a financing mechanism supports the Wetlands Management Plans in order to conserve non-renewable natural resources and maintain their water sources in quantity and quality. Therefore, this research project focuses on the determination of the Water Quality Index, applying the Brown methodology proposed by the National Sanitation Foundation of the United States (WQI - NSF) in the water sources of Sucre parish, with the purpose of verifying the efficiency of the management given to the moor ecosystem. Three water sources were determined in the study area: Cooperative One, Cooperative Two, and Sudagua, which are intended for livestock use. The monitoring was carried out in November and December 2019, considering a month of difference in order to obtain a more representative result, which allowed us to determine that the three analyzed water sources are in the "Good Quality" category. On the other hand, the results obtained were compared with the maximum permissible limits according to Book VI, Annex I. of the Unified Text of Secondary Legislation of the Ministry of the Environment (TULSMA), which helps to verify the appropriate use that can be given to these water sources.

Keywords: water quality, sampling, water sources, moorland, analysis.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPITULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN.....	2
1.1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1.2 JUSTIFICACIÓN.....	2
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.3 OBJETIVOS.....	3
1.3.1 GENERAL:.....	3
1.3.2 ESPECÍFICOS:.....	3
CAPITULO II	4
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	4
2.1. ANTECEDENTES.....	4
2.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	5
2.2.1. EL PAPEL DE LOS ECOSISTEMAS EN EL CICLO DEL AGUA.....	5
2.2.2. FUENTES DE AGUA.....	5
2.2.3. PÁRAMO COMO FUENTE DE AGUA.....	5
2.2.4. LA CALIDAD DE AGUA.....	5
2.2.5. IMPORTANCIA DE LA CALIDAD DE AGUA.....	6
2.2.6. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CALIDAD DEL AGUA.....	6
2.2.7. CONTAMINACIÓN NATURAL.....	6
2.2.8. ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA.....	7
2.2.9. ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA ICA - NSF.....	7
2.2.9.1 Oxígeno Disuelto.....	7
2.2.9.2. Coliformes fecales.....	8
2.2.9.4. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO).....	8

2.2.9.5. Nitratos	8
2.2.9.6. Fosfatos	9
2.2.9.7. Desviación de la Temperatura	9
2.2.9.8. Turbiedad	9
2.2.9.9. Solidos Totales	9
2.2.10. MARCO LEGAL DEL AGUA.	10
CAPITULO III	11
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	11
3.1. LOCALIZACIÓN.....	11
3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN	12
3.3. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN.....	12
3.3.1. IDENTIFICAR LAS FUENTES DE AGUA DENTRO DE LA ZONA DE ESTUDIO Y DETERMINAR LOS PUNTOS DE MUESTREO.....	12
3.3.2. REALIZAR LA CARACTERIZACIÓN FÍSICO, QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE LAS MUESTRAS DE AGUA.....	14
3.3.4. DETERMINAR EN QUÉ CATEGORÍA DE USO SE ENCUENTRAN LAS FUENTES DE AGUA SEGÚN LA NORMATIVA AMBIENTAL VIGENTE CON LOS PARÁMETROS ESTABLECIDOS DEL ICA-NSF.....	22
CAPITULO IV.....	23
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
4.2. VALORES OBTENIDOS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LAS MUESTRAS DE AGUA Y DEL MUESTREO <i>IN SITU</i> . 24	
4.2.1. Punto de monitoreo “Cooperativa Uno”.....	25
4.2.2. Punto de monitoreo “Cooperativa Dos”	26
4.2.3. Punto de Monitoreo “Sudagua”	26
4.3.1. Resultados obtenidos en el mes de Noviembre	28
4.3.2. Resultados obtenidos en el mes de Diciembre	31

4.4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DEL ICA-NSF	34
4. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS PARÁMETROS ESTABLECIDOS DEL ICA-NSF CON LA NORMATIVA AMBIENTAL VIGENTE Y DETERMINACIÓN DE LA CATEGORÍA DE USO DE LAS FUENTES DE AGUA.....	35
CAPITULO V	41
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	41
5.1. CONCLUSIONES	41
5.2. RECOMENDACIONES	43
CAPITULO VI	44
BIBLIOGRAFÍA	44
CAPITULO VII	46
ANEXOS	46
Anexo 1 Muestreo y análisis de las diferentes fuentes de agua de los sectores: La Cooperativa Uno, Cooperativa Dos, Sudagua de la comunidad Patate Urco y Tres Cochas.....	46
Anexo 2 Análisis de la calidad de agua en el laboratorio del Fondo de Páramos Tungurahua	48
Anexo 3 Resultados de laboratorio de los Coliformes Fecales de la Fuente de agua “Cooperativa Uno”.....	50
Anexo 4 Resultados de laboratorio de los Coliformes Fecales Fuente de agua “Cooperativa Dos”	51
Anexo 5 Resultados de laboratorio de los Coliformes Fecales de la Fuente de agua “Sudagua”	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Coordenadas de los puntos de muestreo.....	12
Tabla 2 Frecuencia de muestreo	13
Tabla 3 Toma y manejo de muestras	13
Tabla 4 Equipos para realizar el análisis físico, químico y microbiológico	15
Tabla 5 Pesos relativos para cada parámetro del “ICA”	21
Tabla 6 Clasificación del “ICA – NSF”.	22
Tabla 7 Resultados de los muestreos realizados en el mes de noviembre y diciembre de 2019, en el punto de Monitoreo “Cooperativa Uno”	25
Tabla 8 Resultados de los muestreos realizados en el mes de noviembre y diciembre de 2019, en el punto de Monitoreo “Cooperativa Dos”.	26
Tabla 9 Resultados de los muestreos realizados en el mes de noviembre y diciembre 2019, en el punto de Monitoreo “Sudagua”	27
Tabla 10 Cálculo del ICA–NSF en el punto de muestreo "Cooperativa Uno" muestreo 1 (Noviembre 2019).....	28
Tabla 11 Cálculo del ICA–NSF en el punto de muestreo "Cooperativa Uno" muestreo 2 (Noviembre 2019).....	29
Tabla 12 Cálculo del ICA–NSF en el punto de muestreo "Cooperativa Dos" muestreo 1 (Noviembre 2019).....	29
Tabla 13 Cálculo del ICA–NSF en el punto de muestreo "Cooperativa Dos" muestreo 2 (Noviembre 2019).....	30
Tabla 14 Cálculo del ICA–NSF en el punto de muestreo "Sudagua" muestreo 1 (Noviembre 2019).....	30
Tabla 15 Cálculo del ICA–NSF en el punto de muestreo "Sudagua" muestreo 2 (Noviembre).....	31
Tabla 16 Cálculo del ICA - NSF en el punto de muestreo "Cooperativa Uno" muestreo 1 (Diciembre 2019).....	31
Tabla 17 Cálculo del ICA - NSF en el punto de muestreo "Cooperativa Uno" muestreo 2 (Diciembre 2019).....	32
Tabla 18 Cálculo del ICA - NSF en el punto de muestreo "Cooperativa Dos" muestreo 1 (Diciembre 2019).....	32
Tabla 19 Cálculo del ICA - NSF en el punto de muestreo "Cooperativa Dos" muestreo 2 (Diciembre 2019).....	33

Tabla 20 Cálculo del ICA - NSF en el punto de muestreo "Sudagua" muestreo 1 (Diciembre 2019).....	33
Tabla 21 Cálculo del ICA - NSF en el punto de muestreo "Sudagua" muestreo 2 (Diciembre 2019).....	34
Tabla 22 Resultados obtenidos del ICA-NSF.....	35
Tabla 23 Límites máximos permisibles según el Libro VI, Anexo I. del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA).	36
Tabla 24 Comparación de resultados con la normativa ambiental vigente en los puntos de monitoreo "Cooperativa Uno" mes de Noviembre y Diciembre 2019.	37
Tabla 25 Comparación de resultados con la normativa ambiental vigente en los puntos de monitoreo "Cooperativa Dos" mes de Noviembre y Diciembre 2019.	38
Tabla 26 Comparación de resultados con la normativa ambiental vigente en los puntos de monitoreo "Sudagua" mes de Noviembre y Diciembre 2019.	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio para la determinación del ICA – NSF.....	11
Figura 2. Función de la calidad NSF, Demanda Bioquímica de Oxígeno.....	16
Figura 3. Función de la calidad NSF, Porcentaje de saturación de Oxígeno Disuelto	17
Figura 4. Función de la calidad NSF, Coliformes Fecales	17
Figura 5. Función de la calidad NSF, Nitratos	18
Figura 6. Función de la calidad NSF, Potencial de Hidrogeno (pH).....	18
Figura 7. Función de la calidad NSF, temperatura °C.....	19
Figura 8. Función de la calidad NSF, Sólidos Disueltos	19
Figura 9. Función de la calidad NSF, Ortofosfatos	20
Figura 10. Función de la calidad NSF, Turbidez.....	20
Figura 11. Ubicación de las fuentes de agua.	23

LISTA DE ABREVIATURAS

FECOPA: Federación de Comunidades del cantón Patate

FMPLPT: Fondo de Páramos Tungurahua y Lucha Contra la Pobreza

ICA: Índice de Calidad de Agua

NSF: Fundación Nacional de Saneamiento de los Estados Unidos

OSGs: Organizaciones de segundo Grado

OD: Oxígeno Disuelto

DBO: Demanda Bioquímica de Oxígeno

WQI: Índice de calidad de agua (en inglés)

SDT: Sólidos Disueltos Totales

PMP: Plan de Manejo de Páramo

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

El páramo es un ecosistema que brinda servicios ambientales, dentro de los que se destacan la conservación y regulación de los recursos hídricos. A partir de ellos nacen gran número de quebradas y ríos. Sin embargo, son pocos los países que tienen la fortuna de contar con este ecosistema tan valioso. En América del Sur sólo Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú y Costa Rica son los que tienen páramo tropical, la gran parte se encuentra ubicado en las alturas de las Cordilleras de los Andes (Greenpeace, 2013).

De tal manera que el ecosistema páramo es fundamental para la regulación de la cantidad de agua que puede almacenarse en ella de esta manera los páramos liberan poco a poco el agua lluvia y neblina, estas aguas son arrastradas a las zonas bajas. Por tanto, los páramos regulan muy bien el ciclo del agua y son altos en su rendimiento, por lo que se le conoce como la gran esponja y se le considera a este ecosistema como la “fuente de agua” de grandes ciudades y pueblos Andinos del Ecuador (Agua Ecuador, 2012).

En varios estudios previos se ha dado mucha importancia a la cantidad de agua y recursos hídricos de la provincia de Tungurahua, contando con información amplia y detallada en los temas de cantidad de agua. Sin embargo, el tema más importante de calidad de agua ha sido menos estudiado donde solo básicamente se ha realizado análisis de parámetros físico – químicos (Calles J. 2015). Por lo cual es necesario realizar un análisis físico – químico y microbiológico de las fuentes de agua que provienen del páramo, establecen un requisito indispensable para evaluar su aptitud y establecer su uso adecuado. Para esto se necesita utilizar un mecanismo como el Índice de Calidad de Agua (ICA) propuesta por la National Sanitation Foundation (NSF), que ayuda a resumir una gran cantidad de información, hasta adquirir un número que le ubica al agua en una determinada categoría (Pauta G. y Chang J., 2014).

Por esta razón determinar el índice de Calidad de Agua (ICA – NSF) de las fuentes de agua pertenecientes al Plan de Manejo de Páramo de la Federación de Comunidades del cantón Patate (FECOPA) en la parroquia Sucre, viene siendo una de las principales necesidades, para asegurar la disponibilidad de agua para el consumo humano y desarrollo de la producción ganadera.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

1.1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el Ecuador el principal problema de agua no es de acceso sino de calidad; ya que la cobertura más baja se encuentra en la calidad del agua, que alcanza el 79,3% de la población (Molina, Pozo, & Serrano, 2018). En la provincia de Tungurahua la problemática se centra en la gestión y disponibilidad del agua, vinculada directamente con factores antrópicos como la presión social sobre el ecosistema páramo, el avance de la frontera agrícola y contaminación del recurso hídrico, que inciden en la disminución de la cantidad y calidad del agua (H. Gobierno Provincial de Tungurahua, 2018).

A nivel local en la parroquia Sucre las principales amenazas identificadas para los sistemas hídricos es el avance de la frontera agrícola y ganadera hacia el ecosistema páramo, que a su vez afecta la salud de sus habitantes (Ramírez & Galarza, 2015). Para conservar los recursos naturales no renovables y mantener sus fuentes de agua en cantidad y calidad, actualmente se cuenta con el PMP-FECOPA apoyado por el FMPLPT que dispone de fuentes de agua de los sectores: La Cooperativa Uno, Cooperativa Dos y Sudagua de la comunidad Patate Urco y Tres Cochis. No obstante, estas fuentes de agua no han sido sometidas a un análisis de calidad del agua, por tal motivo no se tiene conocimiento del estado actual de estas fuentes de agua, y se desconoce la categoría de uso que se le puede dar a cada una de ellas, en consecuencia, no existe información necesaria para sustentar una línea base y entender la intensidad e impacto de los procesos que se desempeñan dentro del PMP-FECOPA, que permita tomar decisiones efectivas para la conservación de las fuentes de agua, y el estado en el que se encuentra el área del ecosistema páramo comprometida a la conservación puesto que está estrechamente relacionado con la calidad del agua.

1.1.2 JUSTIFICACIÓN

El recurso agua es indispensable para cualquier forma de vida, tanto para el funcionamiento de los ecosistemas como para el desarrollo socioeconómico de las comunidades, ya que brinda diversos servicios que son esenciales para el desarrollo sostenible a nivel mundial regional o local (FAO [Naciones Unidas], 2018). Sin embargo, la calidad este recurso puede verse afectado por diferentes circunstancias naturales o antropógenas que influyen directa o

indirectamente con el equilibrio ecosistémico y el aprovechamiento humano. Por consiguiente la protección, conservación, mantenimiento y recuperación de las fuentes hídricas es fundamental para el abastecimiento de agua en cantidad y calidad. La presente investigación tiene como propósito determinar el índice de calidad de agua de las fuentes de agua resultantes del PMP-FECOPA aplicando la metodología de Brown, que fue desarrollada por la Fundación Nacional de Saneamiento de los Estados Unidos (NSF) y que posee nueve parámetros, los valores obtenidos serán útiles para implantar una línea base que aporte parcialmente al desarrollo, planificación y gestión de los proyectos que se ejecutan actualmente y próximos a ejecutarse, y que permitan medir el impacto ambiental generado para realizar un seguimiento adecuado y tomar decisiones eficientes para la conservación de las fuentes agua.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es la clasificación del Índice de Calidad de agua (ICA – NSF) de las fuentes de agua resultantes del PMP-FECOPA, y en qué categoría de uso se encuentran según la normativa ambiental vigente, en el mes de noviembre y diciembre de 2019?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 GENERAL:

- Determinar el índice de calidad de agua (ICA-NSF) de las fuentes de agua de los páramos de la parroquia Sucre, cantón Patate.

1.3.2 ESPECÍFICOS:

- Identificar las fuentes de agua dentro de la zona de estudio y determinar los puntos de Muestreo.
- Realizar la caracterización física, química y microbiológica de las muestras de agua.
- Calcular el índice de calidad de agua ICA – NSF.
- Determinar en qué clasificación de uso se encuentran las fuentes de agua según la normativa ambiental vigente con los parámetros establecidos del ICA - NSF

CAPITULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. ANTECEDENTES

En la actualidad hay un gran interés por proteger y conservar el ecosistema páramo, con el objetivo de que exista agua en calidad y cantidad suficiente. Lo que ayudó a implementar Planes de Manejo de Páramos en la provincia de Tungurahua, estos fueron creados en los años del 2007 – 2009 que fue iniciativa de la Unidad de los Movimientos Indígenas y Campesinos, y las Organizaciones de segundo Grado (OSGs), con el apoyo que brinda el Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua y el Fidecomiso de Fondo de Páramos Tungurahua y Lucha Contra la Pobreza para resolver los problemas sociales y ambientales que enfrentaban las comunidades (Carrera, Sáenz y Bustamante, 2016).

Para ellos, a inicios del periodo 2013, las comunidades de Patate Urco y Tres Cochas pertenecientes a la parroquia Sucre, se afiliaron a la Federación de Comunidades del cantón Patate (FECOPA), viéndose en la necesidad de contribuir con la conservación y protección del páramo, incluyéndose a los Planes de Manejo de Páramo que se vienen desarrollando en la Provincia de Tungurahua, mediante la ejecución de alternativas productivas dentro de los componentes: Ambiental, Económico productivo y Socio Organizativo (FECOPA, 2018).

Durante los últimos cuatro años en el componente ambiental, se ha logrado la protección de cuatro fuentes de aguas de los sectores: La Cooperativa Uno, Cooperativa Dos y Sudagua de la comunidad Patate Urco y Tres Cochas. Teniendo alrededor de un área de 4 hectáreas que brindan agua para el desarrollo de la producción ganadera, Además, cuenta con dos cartas geográficas que determinan 1206,33 hectáreas de páramo con la que cuenta la parroquia Sucre, sin tomar en cuenta las áreas conservadas de páramo que conforman el Parque Nacional de Llanganates. Cabe recalcar que, la comunidad tiene el interés de seguir protegiendo y estableciendo más áreas de conservación bajo la línea de la frontera agrícola, para así obtener el agua con mayor cantidad y de mejor calidad (FECOPA, 2018).

2.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.2.1. EL PAPEL DE LOS ECOSISTEMAS EN EL CICLO DEL AGUA

Los procesos ecológicos en el paisaje influyen en la calidad del agua y la forma en que se mueve a través de un sistema llamado ciclo, así como en la formación del suelo, la erosión, transporte y el depósito de sedimentos, todo esto puede ejercer una influencia importante en la hidrología. Aunque los bosques son a menudo el principal centro de atención cuando se habla de cobertura del suelo e hidrología, los prados y las tierras de cultivo también forman papeles importantes (Organización Mundial de la Salud y ONU-HABITAT, 2018).

2.2.2. FUENTES DE AGUA

Estas fuentes de agua se encuentran en el medio ambiente como la lluvia, superficial, subterránea, océanos, etc. Las aguas superficiales son más propensas a ser contaminadas debido a los fenómenos naturales como la erosión, de igual manera la actividad antrópica que son los causantes del deterioro en que se encuentran actualmente nuestros ríos lagos y quebradas. En cuanto a las aguas subterráneas, estas presentan condiciones de calidad más uniformes y distintas (Sierra, 2011).

2.2.3. PÁRAMO COMO FUENTE DE AGUA

El ecosistema páramos es de vital importancia tanto para el ambiente como para nosotros, por tal motivo los páramos son responsables de la regulación hídrica, esto sucede porque se encuentran ubicados en la cima de la cordillera de los andes, haciendo que por su vegetación y suelo se almacene el agua en grandes cantidades, concibiendo que esta agua almacenada sea contribuida por medio de escurrimiento o lixiviación a los ríos o riachuelos que brotan de estos páramos (Castillo, 2014).

2.2.4. LA CALIDAD DE AGUA

La calidad de cualquier cuerpo de agua ya sea superficial o subterránea depende tanto de los factores naturales como de las acciones humanas. La calidad se determina comparando las características de una muestra de agua con una línea de base, las concentraciones históricas

de los elementos en el curso de agua; o leyes y estándares determinados por norma para cada uso. Esto nos lleva a saber si el agua examinada es segura o no para ese determinado fin. Por ejemplo, un curso de agua puede tener calidad suficiente para uso recreativo, pero no tenerla para consumo humano. Esto quiere decir que la calidad depende del uso que se le quiera dar al agua. Así también, los esfuerzos que se hagan para mitigar o remediar la contaminación del agua deberán atender a la utilización del recurso (UICN, 2018).

2.2.5. IMPORTANCIA DE LA CALIDAD DE AGUA

La buena calidad del agua de nuestros ríos, lagos y aguas subterráneas es de suma importancia para el desarrollo sostenible y la salud mundial, ya que aporta a la prestación de servicios básicos que ayuda a desempeñar actividades económicas. Si se realiza estudios de calidad de agua es más fácil disponer de datos que determinen su calidad, y además resulta más sencillo evaluar el impacto del desarrollo socioeconómico en la calidad del agua dulce a lo largo del tiempo, por ende, dichos datos proporcionan una indicación de las prestaciones que pueden proporcionarse de los ecosistemas acuáticos, tales como el agua limpia para beber, la preservación de la diversidad biológica, la pesca sostenible y el agua para la irrigación. El monitoreo también nos ayuda a decretar en qué lugares la calidad del agua está sometida a presión y dónde se mantiene en su origen natural (Organización Mundial de la Salud y ONU-HABITAT, 2018).

2.2.6. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CALIDAD DEL AGUA.

La calidad de agua puede depender de las variabilidades especiales en función uso del suelo, clima y la geología, pero también a los cambios de temporadas, estaciones, anuales y decenales. Por lo cual es necesario entender estos patrones naturales en sus múltiples escalas para poder verificar los impactos antropógenos y los impulsados por el cambio climático (Organización Mundial de la Salud y ONU-HABITAT, 2018).

2.2.7. CONTAMINACIÓN NATURAL.

La contaminación natural también influye en la calidad del agua. Entre los contaminantes más destacados están los fluoruros, el boro y el arsénico. Éstos se encuentran generalmente en suelos y rocas y se movilizan a causa de las lluvias y otros fenómenos meteorológicos. Los fluoruros son omnipresentes en el suelo y en el agua y son relativamente inofensivos a

bajas concentraciones. Sin embargo, pueden ser tóxicos en concentraciones más altas incluso en la naturaleza. El boro suele estar presente en el suelo y en el agua, y en concentraciones más altas puede ser tóxico para las plantas, incluidas las de cultivo (IANAS, 2019).

El arsénico es tóxico para los seres humanos y la carga corporal de arsénico es acumulativa, por lo que incluso la ingestión de agua con bajas concentraciones de arsénico a lo largo del tiempo puede tener impactos tóxicos significativos. Las contaminaciones naturales de todo tipo son difíciles de manejar porque provienen típicamente de fuentes difusas y de formaciones geológicas específicas, como los orígenes volcánicos (IANAS, 2019).

2.2.8. ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA

Este índice es una herramienta que ayuda a la determinación de la calidad de agua de manera simplificada, establece aquellos parámetros más importantes que puedan afectar la calidad de agua. El objetivo del ICAS es identificar, según la calidad de agua que se encuentra disponible en las cuencas. (Escenarios Hídricos 2030, 2018). WQI se han aplicado para evaluar la calidad del agua en un área en particular. Por otra parte, estos índices a menudo se basan en el número variable y los tipos de parámetros de calidad del agua como en comparación con los estándares respectivos de una región en particular (Paun, 2016).

2.2.9. ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA ICA - NSF

El índice de Calidad de Agua "Water Quality Index" (WQI), fue desarrollado en 1970 por la National Sanitation Foundation (NSF) de Estados Unidos, por medio del uso de la técnica de investigación Delphi de la "Rand Corporation's" (Ball & Church, 1980). Esta técnica es utilizada comúnmente en paneles de expertos, que para la época fueron 142. Cuenta con 9 parámetros los cuales son:

2.2.9.1 Oxígeno Disuelto

Es el oxígeno que se encuentra disuelto en el agua. Casi todos los organismos acuáticos necesitan de oxígeno para sobrevivir. La vegetación subacuática (SAV) son productores de oxígeno y las aguas turbulentas ayudan la disolución de los niveles de oxígeno. Por otra parte, la turbiedad y la temperatura pueden incidir negativamente en la concentración del oxígeno disuelto (Commission on the Potomac River Basin, 2017).

2.2.9.2. Coliformes fecales

Es un indicador indirecto del riesgo potencial de contaminación con bacterias o virus de carácter patógeno, ya que las Coliformes fecales siempre se encuentran presentes en las heces humanas y de los animales (Sierra, 2011).

2.2.9.3. pH

El pH es una medida del contenido ácido (o básico) del agua. Se mide en unidades de pH en una escala de 0 a 14. Un pH de 7 es neutro, mayor que 7 es básico y menor que 7 es ácido. La acidez del agua puede aumentar por procesos naturales, emisiones industriales (lluvia ácida) y minería (drenaje ácido proveniente de las minas). El agua ácida es nociva para las comunidades acuáticas, sobre todo porque puede filtrar sustancias tóxicas del suelo, como el aluminio. Un rango de pH que oscile entre 6.5 y 8.2 se considera óptima para la mayoría de los organismos (Commission on the Potomac River Basin, 2017).

2.2.9.4. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

El parámetro es muy utilizado para determinar el contenido de materia orgánica de una muestra de agua. La DBO se mide determinando la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos (bacterias principalmente) para degradar, oxidar, estabilizar, etc. la materia orgánica. La prueba de DBO más conocida es la DBO₅. Esta prueba se realiza incubando la muestra de agua en el laboratorio y al cabo de cinco días se mide el consumo de oxígeno por parte de los microorganismos, y los resultados se expresan en mg/L de oxígeno consumido (Sierra, 2011).

2.2.9.5. Nitratos

El nitrato es un contaminante común que se encuentra en el agua subterránea y que puede provocar efectos nocivos si se consume en altos niveles, es inodoro e incoloro. El nitrato se mueve fácilmente a través del suelo llevado por el agua de lluvia y de riego hasta las aguas subterráneas. Beber agua con altos niveles de nitratos puede causar problemas agudos en la salud, dependiendo del tiempo de exposición (Jean, 2013).

2.2.9.6. Fosfatos

Los altos niveles de fosfatos son provocados por la actividad humana, ya que utilizan detergentes de lavado, plantas de tratamiento de aguas residuales, residuos industriales y la escorrentía de campos de cosecha y céspedes fertilizados (Commission on the Potomac River Basin, 2017).

2.2.9.7. Desviación de la Temperatura

La temperatura es tal vez el parámetro físico más importante del agua, es una medida del grado de calor o frío del agua. Los valores obtenidos generalmente sirven como datos auxiliares para realizar otras determinaciones como es el caso del oxígeno disuelto, alcalinidad, salinidad, conductividad y actividad biológica. La desviación de la temperatura se obtiene de la diferencia entre la temperatura ambiente y la temperatura del agua y se mide en grados centígrados (°C) (UICN, 2018).

2.2.9.8. Turbiedad

La turbiedad es la medida de la falta de transparencia del agua causada por el material suspendido que obstaculiza el paso de la luz. Cuanto más borrosa se vea el agua, mayor será la turbiedad. La consecuencia de esto es la falta de luz solar, provocando un menor crecimiento de las plantas y, dado que estas producen oxígeno, puede haber una disminución en las concentraciones del oxígeno disuelto, que es vital para la vida acuática (Commission on the Potomac River Basin, 2017).

2.2.9.9. Sólidos Disueltos Totales

Es materia disuelta en el agua, es decir, los sólidos que permanecen después de pasar la muestra por un filtro de 2 micrones o más pequeño. Así se diferencian de los sólidos suspendidos, que son los que quedan retenidos por el filtro. Los sólidos disueltos totales (SDT) se miden en partes de sólidos por un millón de partes agua (ppm) (UICN, 2018).

2.2.10. MARCO LEGAL DEL AGUA.

- **Marco legal del agua La constitución del Ecuador del 2008**

TITULO I ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DEL ESTADO

Capítulo primero Principios fundamentales

Art. 3.- Son deberes primordiales del Estado:

1. Garantizar sin discriminación alguna el efectivo goce de los derechos establecidos en la Constitución y en los instrumentos internacionales, en particular la educación, la salud, la alimentación, la seguridad social y el agua para sus habitantes.

TÍTULO II DERECHOS

Capítulo segundo Derechos del buen vivir

Sección primera Agua y alimentación

Art. 12.- El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico, de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida, planificación y gestión de los recursos hídricos: consumo humano, soberanía alimentaria, caudal ecológico y actividades productivas.

- **La Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes.**

Recurso Agua, que se encuentra en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente (TULSMA), Libro VI, Anexo 1, dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional que determina lo siguiente:

- Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado.
- Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos; y,
- Métodos y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes en el agua (MAE, 2015).

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. LOCALIZACIÓN

El área de estudio está ubicada en la parroquia Sucre, Cantón Patate, Provincia de Tungurahua. La parroquia Sucre cuenta aproximadamente con 16399,66 ha. de superficie total, y presenta tres tipos de clima: Ecuatorial de Alta Montaña, Ecuatorial Mesotérmico Semi-Húmedo y Ecuatorial Mesotérmico Seco, dentro de esta superficie se encuentra el ecosistema páramo que posee un clima Ecuatorial frío de montaña puesto que están ubicados por encima de los 3000 m.s.n.m., teniendo temperaturas máximas que en ocasiones sobrepasan los 20°C, las mínimas que muestran valores inferiores a 0°C y las medias anuales fluctúan entre 10 a 16 °C. La precipitación varía entre los 800 y 2000 mm ya que presentan llovías largas, pero de baja intensidad. El tipo de suelo es andosol ya que posee una gran cantidad de materia orgánica y elevada tasa de retención del agua (FECOPA, 2018).

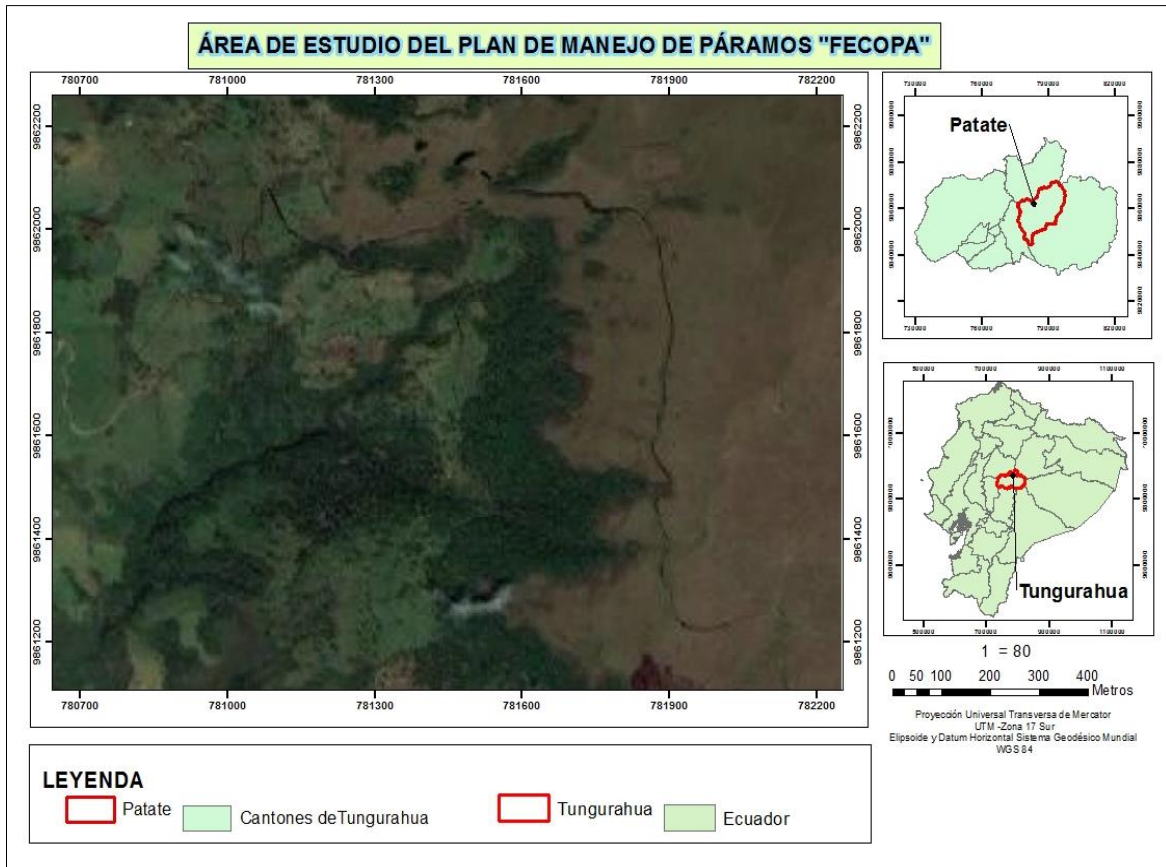


Figura 1. Área de estudio para la determinación del ICA – NSF

Elaborado por (autores 2019).

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Este proyecto es un modelo de Investigación científica de tipo descriptiva, que comprende un trabajo de campo y laboratorio para el correspondiente muestreo y análisis de las diferentes fuentes de agua, en cuanto a la determinación del Índice de Calidad del Agua y análisis de datos se optará por el uso de métodos matemáticos y estadísticos.

3.3. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN.

3.3.1. IDENTIFICAR LAS FUENTES DE AGUA DENTRO DE LA ZONA DE ESTUDIO Y DETERMINAR LOS PUNTOS DE MUESTREO.

Para la identificación de las diferentes fuentes de agua se realizó un recorrido de campo, para determinar las fuentes más representativas que abarquen cada uno de los sectores: La Cooperativa Uno, Cooperativa Dos, Sudagua de la comunidad Patate Urco y Tres Cochas, pertenecientes a la parroquia Sucre. Con el uso de una guía cartográfica y considerando la accesibilidad, seguridad y observaciones directas de campo. Una vez identificadas se determinó los puntos de muestreo (**Tabla 1**).

Tabla 1 *Coordenadas de los puntos de muestreo*

PUNTO DE MUESTREO	LUGAR	COORDENADAS		
		X	Y	Z
1	Cooperativa Uno	781446	9861508	3522
2	Cooperativa Dos	781507	9861895	3549
3	Sudagua	780336	9861336	3210

Elaborado por (autores 2019).

En cuanto a la frecuencia y periodicidad del muestreo, se realizó en base a la norma INEN 2226:2013 “Agua. Calidad del Agua. Muestreo. Diseño de los Programas de Muestreo”, se tomaron muestras simples con una variabilidad de tiempo de 1 hora en cada uno de los puntos de muestreo, en el periodo de los meses de noviembre y diciembre del 2019 (**Ver anexo 1**).

Tabla 2 *Frecuencia de muestreo*

LUGAR	TIPO DE MUESTRO	MESES			
		NOVIEMBRE 06 – 2019 (HORA)		DICIEMBRE 05 – 2019 (HORA)	
		Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 1	Muestreo 2
Cooperativa Uno	Simple	10:00 a.m.	11:00 a.m.	9:30 a.m.	10:30 a.m.
Cooperativa Dos	Simple	11:15 a.m.	12:15 a.m.	10:45 a.m.	11:45 a.m.
Sudagua	Simple	12:30 p.m.	13:30 p.m.	12:00 p.m.	13:00 p.m.

Elaborado por (autores 2019).

Para la toma y manejo de muestras se basó en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:1998: Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y Conservación de muestras y la Norma 17025-DI-CC-03-02 de Laboratorio de Control de Calidad de la EP-EMAPA de la ciudad de Ambato. En caso de los parámetros de DBO₅, Nitratos, Fosfato y turbidez (**Anexo 2**), y Coliformes Fecales para analizar en laboratorio (**Anexos 3, 4, 5**).

Tabla 3 *Toma y manejo de muestras*

PARÁMETRO	ENVASES	CANTIDAD	TOMA DE MUESTRAS	TRANSPORTE AL LABORATORIO
DBO ₅	Vidrio: botellas ámbar	1000 mL el contenedor se llenó completamente para excluir el aire.	Los frascos se llenaron completamente y se selló de tal forma que no exista presencia de oxígeno.	Se mantuvo las muestras almacenadas en la oscuridad a una temperatura de 1 a 5°C, tiempo máximo de conservación 24 horas.

PARÁMETRO	ENVASES	CANTIDAD	TOMA DE MUESTRAS	TRANSPORTE AL LABORATORIO
Coliformes Fecales	Se utilizó envases nuevos y esterilizados (pueden servir los envases estériles para muestra de orina que se adquieren en las farmacias)	Un envase por cada análisis microbiológico.	Se tomó directamente de la fuente al envase. No se enjuagó el envase antes de tomar la muestra. Deje un espacio libre entre la muestra y la tapa, sellar bien para que no existan pérdidas.	Las muestras se llevaron al laboratorio de manera inmediata. En caso de trascurrir más de 30 minutos entre la toma de muestra y llegada al laboratorio, la muestra se refrigera a una temperatura menor a 10 °C.
Nitratos				Se mantuvo las muestras
Turbidez	Vidrio: botellas ámbar o plástico	250 mL se llenó bien el contenedor	Los frascos se llenaron completamente y se selló de tal forma que no exista presencia de oxígeno.	almacenadas en la oscuridad a una temperatura de 1 a 5°C, tiempo máximo de conservación 24 horas.
Fosfatos				








Fuente: INEN 2169 y EMAPA 17025-DI-CC-03-02

Elaborado por (autores 2019).

3.3.2. REALIZAR LA CARACTERIZACIÓN FÍSICO, QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE LAS MUESTRAS DE AGUA.

Una vez tomadas las muestras para realizar los análisis correspondientes, es necesaria la utilización de equipos específicos y reactivos con alto grado de pureza para cada uno de los parámetros, en el caso del parámetro “Coliformes fecales” se analizó en el Laboratorio de Control de Calidad de la EP-EMAPA de la ciudad de Ambato y la Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días (DBO₅), Nitratos (NO₃), Fosfatos (PO₄), Turbidez (NTU) en el laboratorio de FMPLPT. Los equipos y métodos para el análisis de los parámetros se muestran a continuación:

Tabla 4 Equipos para realizar el análisis físico, químico y microbiológico

PARÁMETRO	EQUIPO	MÉTODO	SITIO	ILUSTRACIÓN
pH	HI991301- Medidor portátil de intervalo alto para pH/CE/TDS, marca “HANNA Instruments”	Medidor Multiparámetro.	<i>In situ</i>	
Sólidos disueltos Totales				
Nitratos	HI96728- Fotómetro portátil de nitrato- nitrógeno, marca “HANNA Instruments”	Método espectrofotométrico del salicilato de sodio.	<i>Ex situ</i> , Laboratorio FMPLPT	
Oxígeno Disuelto	HI98193 Medidor portátil para oxígeno disuelto y DBO, marca “HANNA Instruments”	Medidor Multiparámetro.	<i>In situ</i>	
Temperatura				
Turbidez	Photometer 7500, marca “Palintest”	Método espectrofotométrico	<i>Ex situ</i> , Laboratorio FMPLPT	
Fosfatos				
DBO_5	Manométrico con sensor de presión. IS12, y Plataformas de agitación, marca “WTW”	Ensayo DBO_5	<i>Ex situ</i> , Laboratorio FMPLPT	
	Incubadora “OxiTop”			
Coliformes Fecales	Laboratorio	APHA – 9222 D (Filtración sobre membrana).	<i>Ex situ</i> , Laboratorio de Control de Calidad de la EP- EMAPA	

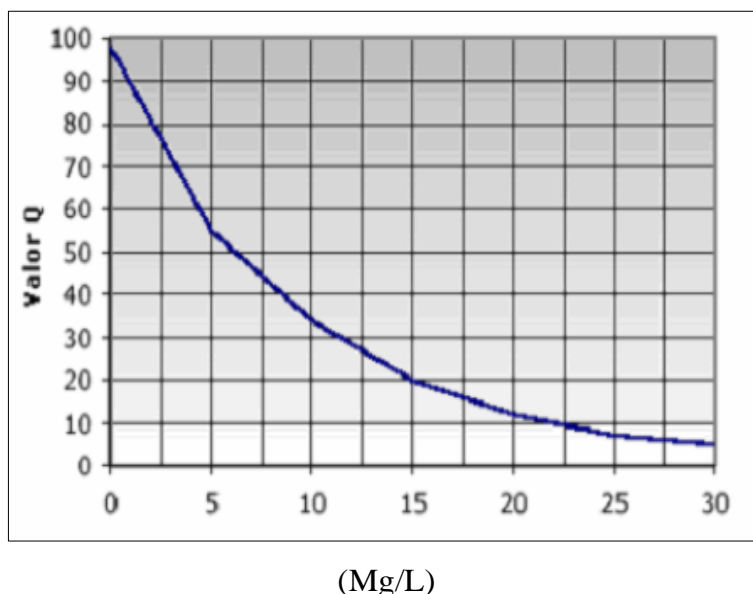
Elaborado por (autores 2019).

3.3.3. CÁLCULO DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA ICA – NSF

Una vez obtenidos los valores se aplicó el índice de Calidad de Agua "Water Quality Index" (WQI), que fue desarrollado en 1970 por la National Sanitation Foundation (NSF) de Estados Unidos, por medio del uso de la técnica de investigación Delphi de la "Rand Corporation's" (Ball & Church, 1980). Para la determinación del ICA intervienen 9 parámetros: Oxígeno Disuelto (OD), Coliformes Fecales (Coli. F), Potencial de Hidrogeno (pH), Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días (DBO_5), Nitratos (NO_3), Fosfatos (PO_4), Desviación de la Temperatura (ΔT), Turbidez (NTU), y Sólidos Disueltos Totales (SDT).

La agregación de la información, se desarrolló mediante fórmulas que incluyen adiciones simples o multiplicativas y la verificación en campo de su aplicabilidad requiere la recolección de datos y su comprobación. Estos datos se promedian dando origen a curvas que reflejan el criterio profesional de respuestas en una escala (Q) de 0-100, que va disminuyendo con el aumento de la contaminación el curso de agua en estudio.

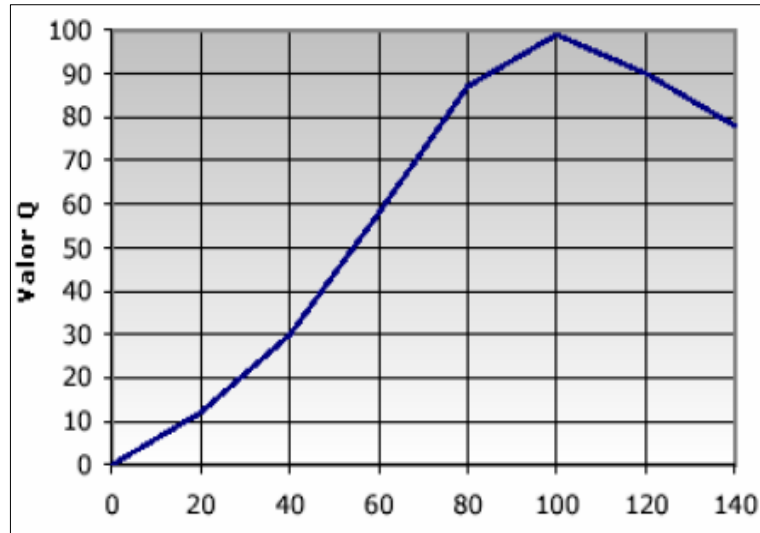
En las siguientes figuras establecidas por Brown (1970), se presenta las curvas para determinar el respectivo valor Q (valor de calidad) de cada parámetro a analizar:



Sí $DBO > 30$, $Q = 30$

Figura 2. Función de la calidad NSF, Demanda Bioquímica de Oxígeno.

Fuente: (Brown R. M., 1970).

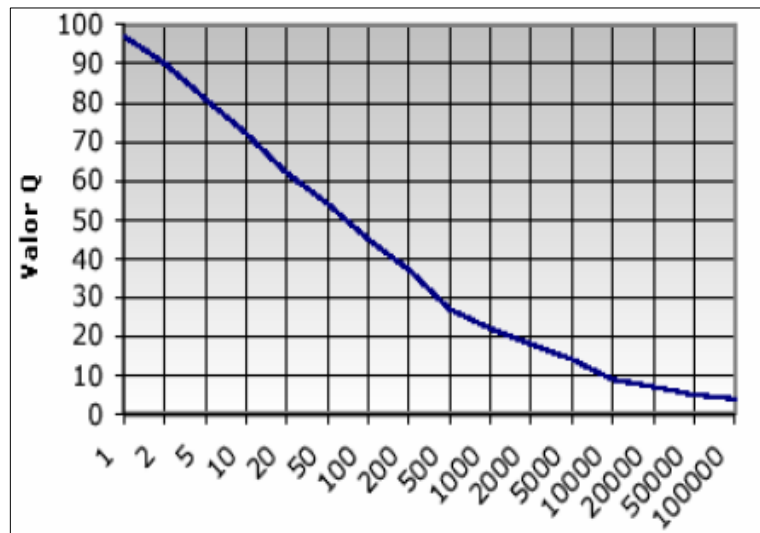


% saturación

Sí % saturación > 140, Q = 50

Figura 3. Función de la calidad NSF, Porcentaje de saturación de Oxígeno Disuelto.

Fuente: (Brown R. M., 1970).

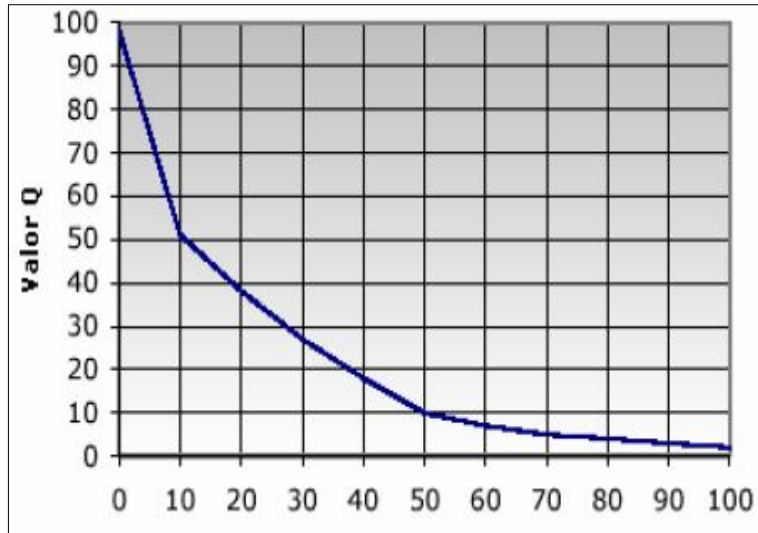


Colonias /100 ml

Sí Coliformes Fecales > 100.000, Q = 20

Figura 4. Función de la calidad NSF, Coliformes Fecales.

Fuente: (Brown R. M., 1970).

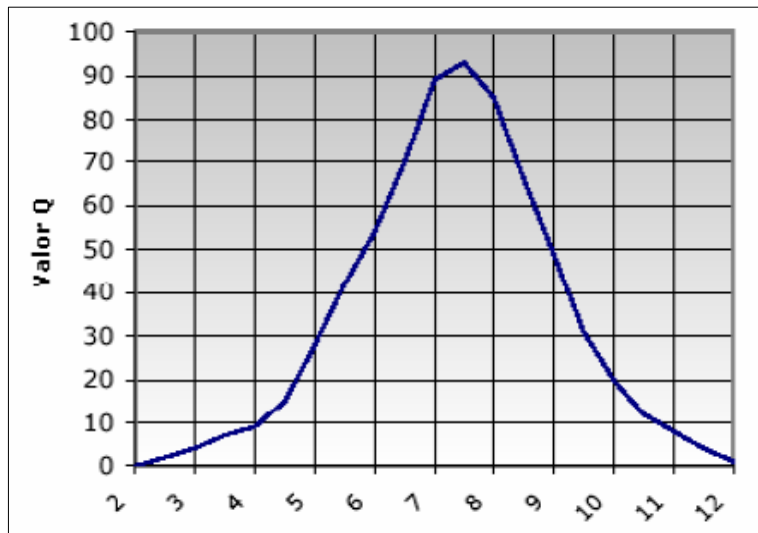


(Mg/L)

Sí Nitratos > 100, Q = 10

Figura 5. Función de la calidad NSF, Nitratos.

Fuente: (Brown R. M., 1970).

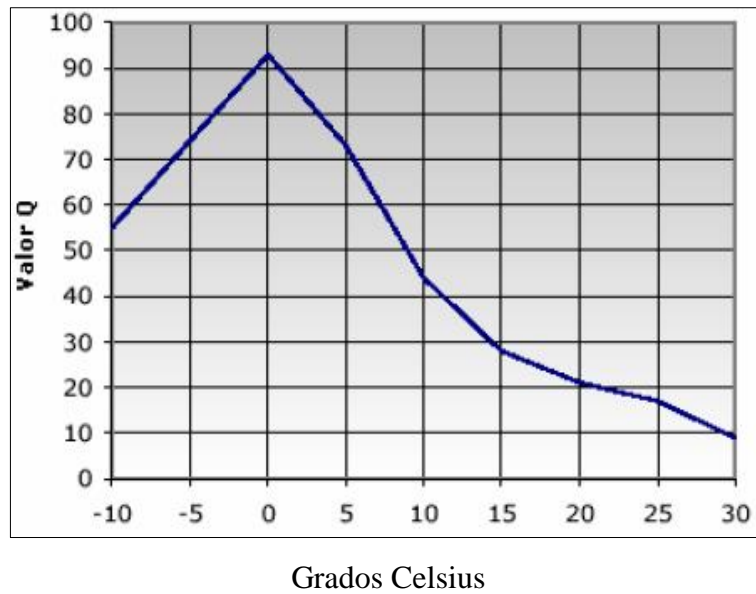


Unidades

Sí pH < 2.0 ó > 12, Q = 0

Figura 6. Función de la calidad NSF, Potencial de Hidrogeno (pH).

Fuente: (Brown R. M., 1970).

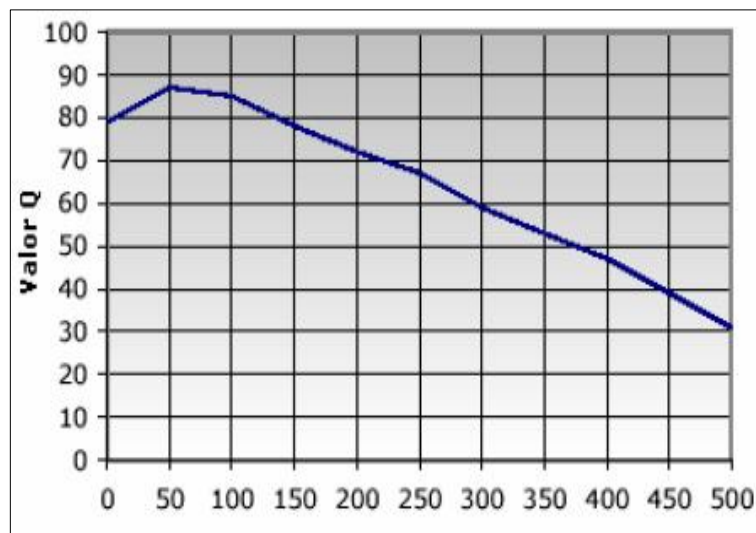


Se debe realizar la diferencia entre la temperatura ambiente y la temperatura de la muestra.

Sí $(\Delta T) > 15 \text{ }^\circ\text{C}$, $Q = 5$

Figura 7. Función de la calidad NSF, temperatura $^\circ\text{C}$.

Fuente: (Brown R. M., 1970).

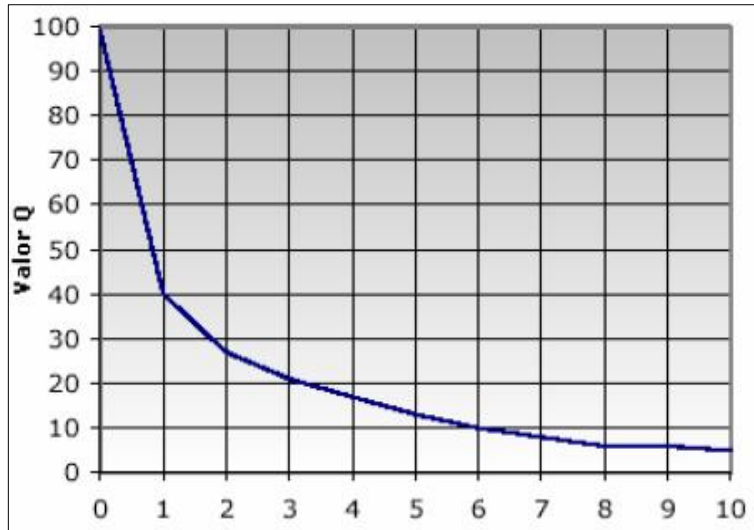


(Mg/L)

Sí $\text{STD} > 500$, $Q = 20$

Figura 8. Función de la calidad NSF, Sólidos Disueltos.

Fuente: (Brown R. M., 1970).

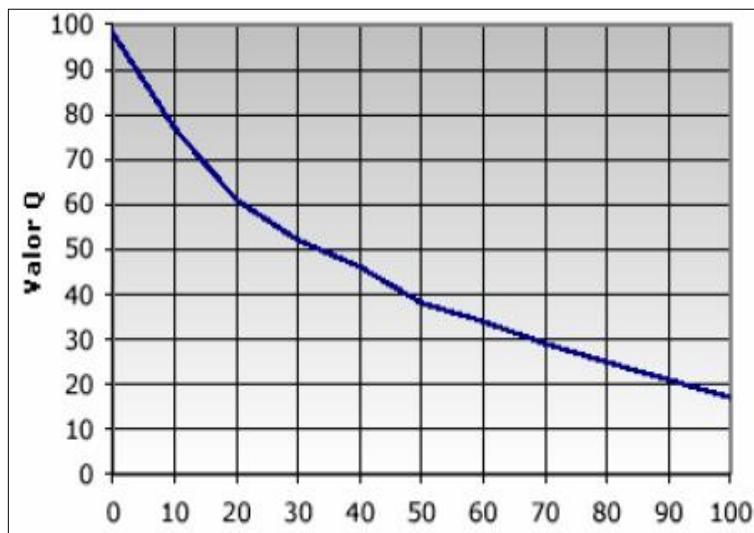


(Mg/L)

Sí Fosfatos > 10, Q = 2.0

Figura 9. Función de la calidad NSF, Ortofosfatos.

Fuente: (Brown R. M., 1970).



NTU

Sí Turbidez > 100, Q = 5.0

Figura 10. Función de la calidad NSF, Turbidez

Fuente: (Brown R. M., 1970).

Para calcular el Índice de Brown (1970), se utilizará el método aditivo que consiste en la suma lineal ponderada de los subíndices de cada parámetro de calidad y los pesos o porcentajes asignados a cada parámetro (Brown R. M., 1970).

(1)

$$WQI = \sum_{i=1}^n \text{Sub}_i W_i$$

Donde:

- **WQI:** Índice de calidad de agua.
- **Wi:** Pesos relativos asignados a cada parámetro (Sub_i), y ponderados entre 0 y 1, de tal forma que se cumpla que la sumatoria sea igual a uno.
- **Sub_i:** Subíndice del parámetro i .
- **n:** Número de parámetros.

Para determinar el valor del “ICA” es necesario sustituir los datos en la ecuación (1) obteniendo los **Sub_i** de distintas graficas como se explicará a continuación, dicho valor se eleva por sus respectivos **Wi** de la (Tabla 5) y se multiplican los 9 resultados obteniendo de esta manera el “ICA”, que debe ser un número entre 0 y 100, donde cero representa la calidad de agua muy pobre y 100 representa la calidad de agua excelente.

Los pesos de los diversos parámetros son:

Tabla 5 Pesos relativos para cada parámetro del “ICA”

i	Sub_i	Wi
1	Coliformes fecales	0.16
2	pH	0.11
3	DBO_5	0.11
4	Nitratos	0.10
5	Fosfatos	0.10
6	Temperatura	0.10
7	Turbidez	0.08
8	Solidos disueltos Totales	0.07
9	Oxígeno Disuelto	0.17

Fuente: (Brown R. M., 1970).

El resultado final obtenido se interpreta de acuerdo a la siguiente escala de calificación, en la cual los colores representan cada rango:

Tabla 6 *Clasificación del “ICA – NSF”*.

Escala de color	Rango
excelente	91 - 100
Buena	71 – 90
Media	51 – 70
Mala	26 - 50
muy mala	0 - 25

Fuente: Samboni Ruiz, N.E, Carvajal Escobar, Y. y Escobar J.C (2007).

3.3.4. DETERMINAR EN QUÉ CATEGORÍA DE USO SE ENCUENTRAN LAS FUENTES DE AGUA SEGÚN LA NORMATIVA AMBIENTAL VIGENTE CON LOS PARÁMETROS ESTABLECIDOS DEL ICA-NSF

Una vez recogidos los datos se organizó mediante tablas, para posteriormente ser analizados con el fin de dotarlos de significado y cumplir con los objetivos propuestos (Rodríguez & Valldeoriola, 2014). El resultado de cada uno de los parámetros es comparado para establecer el uso que se le puede dar a las diferentes fuentes de agua con la NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA. LIBRO VI ANEXO 1, ya que esta norma determina o establece los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado; los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos y, métodos y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes en el agua.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. FUENTES DE AGUA DENTRO DE LA ZONA DE ESTUDIO Y LOS PUNTOS DE MUESTREO.

En la (Figura 11) podemos observar los puntos de muestreos de las fuentes de agua más representativas que abarquen cada uno de los sectores: La Cooperativa Uno, Cooperativa Dos, Sudagua de la comunidad Patate Urco y Tres Cochas, pertenecientes a la parroquia Sucre.

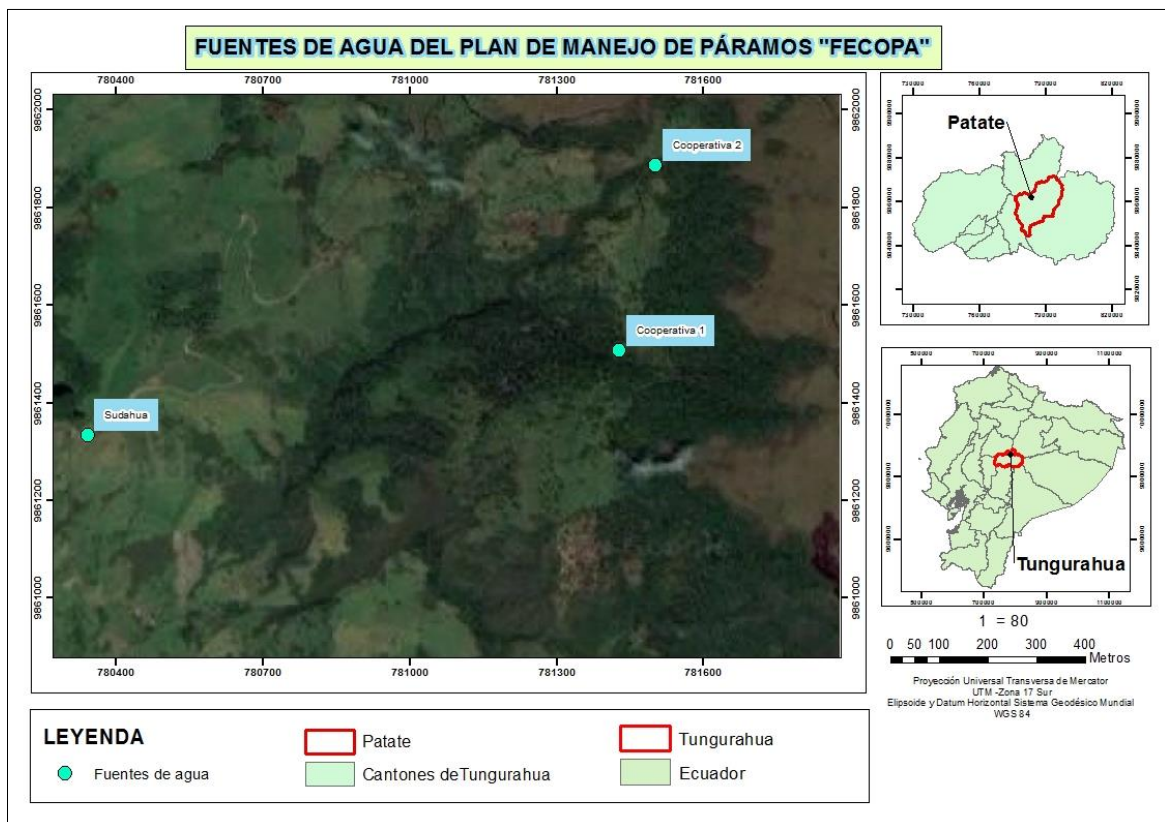


Figura 11. Ubicación de las fuentes de agua.

Elaborado por: (Autores, 2019).

4.2. VALORES OBTENIDOS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LAS MUESTRAS DE AGUA Y DEL MUESTREO *IN SITU*.

Los resultados de los parámetros físicos y químicos fueron generados mediante métodos de manera directa (*In situ*) como es el caso del Oxígeno Disuelto (OD), Potencial de Hidrogeno (pH), Desviación de la Temperatura (ΔT), y Sólidos Disueltos Totales (SDT). Por otra parte, para obtener los resultados de los parámetros: Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días (DBO_5), Nitratos (NO_3), Fosfatos (PO_4), Turbidez (NTU) se realizaron en el laboratorio portátil del FMPLPT, a excepción del análisis del parámetro microbiológico “Coliformes fecales” estas muestras de agua fueron llevadas al Laboratorio de Control de Calidad de la EP-EMAPA en la ciudad de Ambato, y se obtuvieron los resultados mediante el método APHA-9222-D (**Anexo 3, 4, 5**), expresados con la unidad UFC/100 ml.

El monitoreo se llevó a cabo en las fechas 6 de Noviembre del 2019 y 5 de Diciembre del 2019 considerando un mes de diferencia con el fin de obtener un resultado más representativo, se debe agregar que en estas fechas se tomaron dos muestras simples en cada uno de los sitios de monitoreo de todos los parámetros físicos y químicos, sin embargo por motivos de costos se optó por realizar un muestreo simple de los Coliformes fecales únicamente en el mes de Diciembre, en cuanto a los puntos de monitoreo se establecieron en los siguientes sitios denominados: Cooperativa 1 (X: 781446, Y: 9861508), Cooperativa 2 (X: 781507, Y:9861895) y Sudagua (X: 780336, Y: 9861336).

Para obtener el valor de la Desviación de la Temperatura requerido para el cálculo del ICA – NFS se calculó, aplicando la ecuación (2):

$$\Delta T = T_{ambiente} - T_{agua} \quad (2)$$

Donde:

- ΔT = Desviación de la Temperatura
- $T_{ambiente}$ = temperatura del ambiente del sitio en el que se recolecto la muestra, °C
- T_{agua} = temperatura de la muestra de agua recolectada, °C

4.2.1. Punto de monitoreo “Cooperativa Uno”

Los valores obtenidos de cada uno de los parámetros del ICA-NSF en el punto de monitoreo “Cooperativa Uno” se muestran a continuación (**Tabla 7**), donde se puede observar que existe una mínima diferencia de los resultados entre el primer y segundo muestreo simple. No obstante, al comparar los valores obtenidos de cada uno de los parámetros entre el mes de Noviembre y Diciembre se puede notar leves diferencias, como en el caso de la DBO_5 que en el mes de Noviembre presenta un valor de 2,3 y 2,5 mg/l y en el mes de Diciembre disminuye a 1 y 1,9 mg/l. Así mismo los SDT se observa que existe una disminución de 90 a 80 mg/l entre el mes de Noviembre a Diciembre. Por otra parte la ΔT aumenta de 3,2 a 5,2 °C entre el mes de Noviembre y Diciembre a pesar de que la Temperatura del agua no varió su valor y se mantuvo en 9,8 °C en estos meses. En cuanto a los Coliformes fecales se obtuvo un valor de 0 UFC/100ml que puede relacionarse con la ubicación de la toma de muestra de agua puesto que proviene de un manantial y esta agua es recolectada en un tanque en donde a la intemperie no es evidente la presencia de actividades antrópicas (**Anexo 1**).

Tabla 7 Resultados de los muestreos realizados en el mes de noviembre y diciembre de 2019, en el punto de Monitoreo “Cooperativa Uno”

Cooperativa Uno					
Coordenadas:	Zona UTM: 17 — Sistema: WGS 84 X= 781446 Y= 9861508				
Altura:	3522 m.s.n.m.				
Temperatura ambiente:	13 °C		15 °C		
Temperatura de la muestra de agua:	9,8 °C		9,8 °C		
Fecha:	06/11/2019		05/12/2019		
Hora:	10:00 a.m.	11:00 a.m.	9:30 a. m.	10:30 a. m.	
Parámetros	M1	M2	M1	M2	Unidad
Oxígeno Disuelto	72,10	74,70	73,60	71,20	% sat
DBO_5	2,5	2,3	1,9	1	mg/L
Nitratos	0,18	0,20	0,27	0,25	mg/L
Fosfatos	0,30	0,32	0,33	0,32	mg/L
Desviación de la Temperatura	3,2	3,2	5,2	5,2	°C
SDT	90	90	80	80	ppm - mg/L
Coliformes fecales	—	—	—	0	UFC/100ml
Turbidez	1	1	1	2	NTU
pH	6,3	6,3	6,31	6,26	

M: Muestreo

Elaborado por: (Autores, 2019).

4.2.2. Punto de monitoreo “Cooperativa Dos”

Los valores obtenidos de cada uno de los parámetros del ICA-NSF en el punto de monitoreo “Cooperativa Dos” se muestran a continuación (**Tabla 8**). Nótese que los resultados no varían considerablemente entre los muestreos simples, tampoco existe una diferencia notable en comparación con el mes de Noviembre y Diciembre, a excepción de la DBO₅ que en el mes de Noviembre presenta un valor de 1 y 1,2 mg/l y en el mes de Diciembre disminuye a 0,8 y 0,6 mg/l, en cuanto a los Coliformes fecales se obtuvo un valor de 5 UFC/100ml, en este caso se debe agregar que el punto de muestreo “Cooperativa Dos” la fuente de agua presenta un recorrido considerable hasta el punto de muestreo, sin embargo no es evidente la presencia de actividades antrópicas.

Tabla 8 *Resultados de los muestreos realizados en el mes de noviembre y diciembre de 2019, en el punto de Monitoreo “Cooperativa Dos”.*

Cooperativa Dos					
Coordenadas:	Zona UTM: 17 — Sistema: WGS 84 X= 781507 Y= 9861895				
Altura:	3549 m.s.n.m.				
Temperatura ambiente:	12 °C		13 °C		
Temperatura de la muestra de agua:	9,8 °C		9,8 °C		
Fecha:	6/11/2019		05/12/2019		
Hora:	11:15 a. m.	12:15 p. m.	10:45 a. m.	11:45 p. m.	
Parámetros	M1	M2	M1	M2	Unidad
Oxígeno Disuelto	77	79,1	78,4	78,1	% sat
DBO ₅	1	1,2	0,8	0,6	mg/L
Nitratos	0,19	0,18	0,23	0,20	mg/L
Fosfatos	0,25	0,24	0,29	0,27	mg/L
Desviación de la Temperatura	2,2	2,2	3,2	3,2	°C
SDT	70	70	70	70	ppm - mg/L
Coliformes fecales	—	—	—	5	UFC/100ml
Turbidez	4	4	3	5	NTU
pH	7,6	7,6	7,6	7,6	

M: Muestreo

Elaborado por: (Autores, 2019).

4.2.3. Punto de Monitoreo “Sudagua”

Los valores obtenidos de cada uno de los parámetros del ICA-NSF en el punto de monitoreo “Sudagua” se muestran a continuación (**Tabla 9**). Cabe señalar que el punto de monitoreo

“Cooperativa Uno” ubicada a una altura de 3522 m.s.n.m. yace un tanque de agua que tiene una conexión a una tubería utilizada para el abastecimiento de abrevaderos que hacen uso en la comunidad de “Patate Urco” y la otra parte es desviada por otro canal, de igual modo la fuente de agua del punto de monitoreo “Cooperativa Dos” ubicada a una altura de 3549 m.s.n.m. abastece a estos abrevaderos y al seguir su curso estas aguas se ven influenciadas por actividades antrópicas como el pastoreo que al terminar su tramo se conectan y son parte de la formación de la fuente de agua denominada “Sudagua” ubicada a una altura de 3210 m.s.n.m. que es utilizada exclusivamente para el abastecimiento de dichos abrevaderos. Por esta razón puede relacionarse el aumento de los valores obtenidos en las variables: Coliformes fecales y pH que presentan un valor de 17 UFC/100ml y 8,4 respectivamente.

La gran mayoría de los microorganismos vehiculados por el agua son gérmenes eliminados a partir del tracto gastrointestinal del hombre y de los animales. La presencia de estos microorganismos será indicador de una mala calidad del agua y generalmente se da en aguas estancadas o en sistemas extensivos donde conviven animales domésticos y salvajes (Fundación Vasca para la Seguridad Agralimentaria, 2012).

Tabla 9 *Resultados de los muestreos realizados en el mes de noviembre y diciembre 2019, en el punto de Monitoreo “Sudagua”*

SUDAGUA					
Coordenadas:	Zona UTM: 17 — Sistema: WGS 84 X= 780336 Y= 9861336				
Altura:	3210 m.s.n.m.				
Temperatura ambiente:	15 °C		16 °C		
Temperatura de la muestra de agua:	9,9 °C		9,9 °C		
Fecha:	06/11/2019		5/12/2019		
Hora:	12:45 p.m.	1:45 p.m.	12:20 p.m.	1:20 p. m.	
Parámetros	M1	M2	M1	M2	Unidad
Oxígeno Disuelto	86,8	87,4	84,6	85,7	% sat
DBO ₅	1	0,8	0,5	0,8	mg/L
Nitratos	0,23	0,24	0,16	0,21	mg/L
Fosfatos	0,26	0,36	0,19	0,34	mg/L
Desviación de la Temperatura	5,1	5,1	6,1	6,1	°C
SDT	80	80	90	90	ppm - mg/L
Coliformes fecales	—	—	—	17	UFC/100ml
Turbidez	2	1	3	1	NTU
pH	8,4	8,4	8,4	8,4	

M: Muestreo

Elaborado por: (Autores, 2019)

4.3. CALCULO DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA ICA – NSF.

Se obtuvieron los índices de calidad aplicando la ecuación (1) los cuales indican la sumatoria de los valores correspondientes a los 9 parámetros medidos en los 3 puntos de muestreo durante el mes de Noviembre y Diciembre. Puesto que se posee únicamente un resultado de los Coliformes fecales por cada punto de muestreo en el mes de Diciembre se optó por utilizar estos valores para realizar el cálculo del índice de calidad de los muestreos faltantes de éste parámetro.

Estos resultados se muestran a continuación:

4.3.1. Resultados obtenidos en el mes de Noviembre

Al realizar el cálculo del ICA - NSF del Muestreo-1 en el punto de monitoreo "Cooperativa Uno" en el mes de Noviembre, se obtuvo un valor de 83,33 del Índice general de calidad del agua, que nos indica que esta fuente de agua es de "Buena calidad" (Tabla 10).

Tabla 10 Cálculo del ICA–NSF en el punto de muestreo "Cooperativa Uno" muestreo 1 (Noviembre 2019).

Cooperativa Uno (Noviembre)						
M1 - 10:00 a.m.						
Parámetros	Resultado	Unidades	Valor - Q	W _i	Subtotal	
OD	72,10	% Sat	78	0,17	13,20	
DBO ₅	2,5	mg/L	70	0,11	7,70	
Nitratos	0,18	mg/L	97	0,1	9,68	
Fosfatos	0,30	mg/L	81	0,1	8,13	
Temperatura	3,2	°C	80	0,1	8,02	
SDT	90	mg/L	84	0,07	5,90	
Coliformes fecales	0	UFC/100ml	100	0,16	16,00	
Turbidez	1	NTU	96	0,08	7,68	
pH	6,3		64	0,11	7,02	
Índice general de calidad del agua (puntaje de 100):					83,33	

Nota.- M: Muestreo; W_i: Peso relativo; Valor – Q: Valor de Calidad

Elaborado por: (Autores, 2019).

Al realizar el cálculo del ICA - NSF del Muestreo-2 en el punto de monitoreo "Cooperativa Uno" en el mes de Noviembre, se obtuvo un valor de 84,10 del Índice general de calidad del agua, que nos indica que esta fuente de agua es de "Buena calidad" (Tabla 11).

Tabla 11 *Cálculo del ICA–NSF en el punto de muestreo "Cooperativa Uno" muestreo 2 (Noviembre 2019)*

Cooperativa Uno (Noviembre)					
M2 - 11:00 a.m.					
Parámetros	Resultado	Unidades	Valor - Q	W _i	Subtotal
OD	74,70	% Sat	81	0,17	13,74
DBO ₅	2,3	mg/L	74	0,11	8,14
Nitratos	0,20	mg/L	97	0,1	9,68
Fosfatos	0,32	mg/L	79	0,1	7,92
Temperatura	3,2	°C	80	0,1	8,02
SDT	90	mg/L	84	0,07	5,90
Coliformes fecales	0	UFC/100ml	100	0,16	16,00
Turbidez	1	NTU	96	0,08	7,68
pH	6,3		64	0,11	7,02
Índice general de calidad del agua (puntaje de 100):					84,10

Nota.- M: Muestreo; W_i: Peso relativo; Valor – Q: Valor de Calidad

Elaborado por: (Autores, 2019).

Al realizar el cálculo del ICA - NSF del Muestreo-1 en el punto de monitoreo "Cooperativa Dos" en el mes de Noviembre, se obtuvo un valor de 87,39 del Índice general de calidad del agua, que nos indica que esta fuente de agua es de “Buena calidad” (**Tabla 12**).

Tabla 12 *Cálculo del ICA–NSF en el punto de muestreo "Cooperativa Dos" muestreo 1 (Noviembre 2019)*

Cooperativa Dos (Noviembre)					
M1 - 11:15 a.m.					
Parámetros	Resultado	Unidades	Valor - Q	W _i	Subtotal
OD	77	% Sat	84	0,17	14,20
DBO ₅	1	mg/L	95	0,11	10,45
Nitratos	0,19	mg/L	97	0,1	9,68
Fosfatos	0,25	mg/L	87	0,1	8,67
Temperatura	2,2	°C	84	0,1	8,42
SDT	70	mg/L	86	0,07	6,02
Coliformes fecales	5	UFC/100ml	80	0,16	12,80
Turbidez	4	NTU	88	0,08	7,04
pH	7,6		92	0,11	10,12
Índice general de calidad del agua (puntaje de 100):					87,39

Nota.- M: Muestreo; W_i: Peso relativo; Valor – Q: Valor de Calidad

Elaborado por: (Autores, 2019).

Al realizar el cálculo del ICA - NSF del Muestreo-2 en el punto de monitoreo "Cooperativa Dos" en el mes de Noviembre, se obtuvo un valor de 87,70 del Índice general de calidad del agua, que nos indica que esta fuente de agua es de “Buena calidad” (**Tabla 13**).

Tabla 13 *Cálculo del ICA–NSF en el punto de muestreo "Cooperativa Dos" muestreo 2 (Noviembre 2019).*

Cooperativa Dos (Noviembre)						
M2 - 12:15 p.m.						
Parámetros	Resultado	Unidades	Valor - Q	W _i	Subtotal	
OD	79,1	% Sat	86	0,17	14,61	
DBO ₅	1,2	mg/L	93	0,11	10,23	
Nitratos	0,18	mg/L	97	0,1	9,68	
Fosfatos	0,24	mg/L	88	0,1	8,77	
Temperatura	2,2	°C	84	0,1	8,42	
SDT	70	mg/L	86	0,07	6,02	
Coliformes fecales	5	UFC/100ml	80	0,16	12,80	
Turbidez	4	NTU	88	0,08	7,04	
pH	7,6		92	0,11	10,12	
Índice general de calidad del agua (puntaje de 100):					87,70	

Nota.- M: Muestreo; W_i: Peso relativo; Valor – Q: Valor de Calidad

Elaborado por: (Autores, 2019).

Al realizar el cálculo del ICA - NSF del Muestreo-1 en el punto de monitoreo "Sudagua" en el mes de Noviembre, se obtuvo un valor de 83,10 del Índice general de calidad del agua, que nos indica que esta fuente de agua es de “Buena calidad” (**Tabla 14**).

Tabla 14 *Cálculo del ICA–NSF en el punto de muestreo "Sudagua" muestreo 1 (Noviembre 2019)*

Sudagua (Noviembre)						
M1 - 12:45 a.m.						
Parámetros	Resultado	Unidades	Valor - Q	W _i	Subtotal	
OD	86,8	% Sat	92	0,17	15,70	
DBO ₅	1	mg/L	95	0,11	10,45	
Nitratos	0,23	mg/L	97	0,1	9,68	
Fosfatos	0,26	mg/L	86	0,1	8,56	
Temperatura	5,1	°C	72	0,1	7,24	
SDT	80	mg/L	85	0,07	5,96	
Coliformes fecales	17	UFC/100ml	65	0,16	10,40	
Turbidez	2	NTU	93	0,08	7,44	
pH	8,4		70	0,11	7,68	
Índice general de calidad del agua (puntaje de 100):					83,10	

Nota.- M: Muestreo; W_i: Peso relativo; Valor – Q: Valor de Calidad

Elaborado por: (Autores, 2019).

Al realizar el cálculo del ICA - NSF del Muestreo-2 en el punto de monitoreo "Sudagua" en el mes de Noviembre, se obtuvo un valor de 82,49 del Índice general de calidad del agua, que nos indica que esta fuente de agua es de “Buena calidad” (**Tabla 15**).

Tabla 15 *Cálculo del ICA–NSF en el punto de muestreo "Sudagua" muestreo 2 (Noviembre)*

Sudagua (Noviembre)						
M2 - 1:45 p.m.						
Parámetros	Resultado	Unidades	Valor - Q	W _i	Subtotal	
OD	87,4	% Sat	93	0,17	15,78	
DBO ₅	0,8	mg/L	96	0,11	10,58	
Nitratos	0,24	mg/L	97	0,1	9,68	
Fosfatos	0,36	mg/L	75	0,1	7,49	
Temperatura	5,1	°C	72	0,1	7,24	
SDT	80	mg/L	85	0,07	5,96	
Coliformes fecales	17	UFC/100ml	65	0,16	10,40	
Turbidez	1	NTU	96	0,08	7,68	
pH	8,4		70	0,11	7,68	
Índice general de calidad del agua (puntaje de 100):					82,49	

Nota.- M: Muestreo; W_i: Peso relativo; Valor – Q: Valor de Calidad

Elaborado por: (Autores, 2019).

4.3.2. Resultados obtenidos en el mes de Diciembre

Al realizar el cálculo del ICA - NSF del Muestreo-1 en el punto de monitoreo "Cooperativa Uno" en el mes de Diciembre, se obtuvo un valor de 83,91 del Índice general de calidad del agua, que nos indica que esta fuente de agua es de "Buena calidad" (Tabla 16).

Tabla 16 *Cálculo del ICA - NSF en el punto de muestreo "Cooperativa Uno" muestreo 1 (Diciembre 2019)*

Cooperativa Uno (Diciembre)						
M1 - 9:30 a.m.						
Parámetros	Resultado	Unidades	Valor - Q	W _i	Subtotal	
OD	73,60	% Sat	80	0,17	13,52	
DBO ₅	1,9	mg/L	82	0,11	9,02	
Nitratos	0,27	mg/L	97	0,1	9,67	
Fosfatos	0,33	mg/L	78	0,1	7,81	
Temperatura	5,2	°C	72	0,1	7,18	
SDT	80	mg/L	85	0,07	5,96	
Coliformes fecales	0	UFC/100ml	100	0,16	16,00	
Turbidez	1	NTU	96	0,08	7,68	
pH	6,31		64	0,11	7,06	
Índice general de calidad del agua (puntaje de 100):					83,91	

Nota.- M: Muestreo; W_i: Peso relativo; Valor – Q: Valor de Calidad

Elaborado por: (Autores, 2019).

Al realizar el cálculo del ICA - NSF del Muestreo-2 en el punto de monitoreo "Cooperativa Uno" en el mes de Diciembre, se obtuvo un valor de 84,49 del Índice general de calidad del agua, que nos indica que esta fuente de agua es de "Buena calidad" (**Tabla 17**).

Tabla 17 *Cálculo del ICA - NSF en el punto de muestreo "Cooperativa Uno" muestreo 2 (Diciembre 2019)*

Cooperativa 1 (Diciembre)						
M2 - 10:30 a.m.						
Parámetros	Resultado	Unidades	Valor - Q	W _i	Subtotal	
OD	71,20	% Sat	77	0,17	13,01	
DBO ₅	1	mg/L	95	0,11	10,45	
Nitratos	0,25	mg/L	97	0,1	9,68	
Fosfatos	0,32	mg/L	79	0,1	7,92	
Temperatura	5,2	°C	72	0,1	7,18	
SDT	80	mg/L	85	0,07	5,96	
Coliformes fecales	0	UFC/100mL	100	0,16	16,00	
Turbidez	2	NTU	93	0,08	7,44	
pH	6,26		62	0,11	6,85	
Índice general de calidad del agua (puntaje de 100):					84,49	

Nota.- M: Muestreo; W_i: Peso relativo; Valor - Q: Valor de Calidad

Elaborado por: (Autores, 2019).

Al realizar el cálculo del ICA - NSF del Muestreo-1 en el punto de monitoreo "Cooperativa Dos" en el mes de Diciembre, se obtuvo un valor de 87,13 del Índice general de calidad del agua, que nos indica que esta fuente de agua es de "Buena calidad" (**Tabla 18**).

Tabla 18 *Cálculo del ICA - NSF en el punto de muestreo "Cooperativa Dos" muestreo 1 (Diciembre 2019)*

Cooperativa 2 (Diciembre)						
M1 - 10:45 a.m.						
Parámetros	Resultado	Unidades	Valor - Q	W _i	Subtotal	
OD	78,4	% Sat	85	0,17	14,47	
DBO ₅	0,8	mg/L	96	0,11	10,58	
Nitratos	0,23	mg/L	97	0,1	9,68	
Fosfatos	0,29	mg/L	82	0,1	8,24	
Temperatura	3,2	°C	80	0,1	8,02	
SDT	70	mg/L	86	0,07	6,02	
Coliformes fecales	5	UFC/100ml	80	0,16	12,80	
Turbidez	3	NTU	90	0,08	7,20	
pH	7,6		92	0,11	10,12	
Índice general de calidad del agua (puntaje de 100):					87,13	

Nota.- M: Muestreo; W_i: Peso relativo; Valor - Q: Valor de Calidad

Elaborado por: (Autores, 2019).

Al realizar el cálculo del ICA - NSF del Muestreo-2 en el punto de monitoreo "Cooperativa Dos" en el mes de Diciembre, se obtuvo un valor de 86,03 del Índice general de calidad del agua, que nos indica que esta fuente de agua es de "Buena calidad" (Tabla 19).

Tabla 19 Cálculo del ICA - NSF en el punto de muestreo "Cooperativa Dos" muestreo 2 (Diciembre 2019)

Cooperativa 2 (Diciembre)						
M2 - 11:45 a.m.						
Parámetros	Resultado	Unidades	Valor - Q	W _i	Subtotal	
OD	78,1	% Sat	85	0,17	14,41	
DBO ₅	0,6	mg/L	97	0,11	10,71	
Nitratos	0,20	mg/L	97	0,1	9,68	
Fosfatos	0,27	mg/L	74	0,1	7,39	
Temperatura	3,2	°C	80	0,1	8,02	
SDT	70	mg/L	86	0,07	6,02	
Coliformes fecales	5	UFC/100ml	80	0,16	12,80	
Turbidez	5	NTU	86	0,08	6,88	
pH	7,6		92	0,11	10,12	
Índice general de calidad del agua (puntaje de 100):					86,03	

Nota.- M: Muestreo; W_i: Peso relativo; Valor - Q: Valor de Calidad

Elaborado por: (Autores, 2019).

Al realizar el cálculo del ICA - NSF del Muestreo-1 en el punto de monitoreo "Sudagua" en el mes de Diciembre, se obtuvo un valor de 82,93 del Índice general de calidad del agua, que nos indica que esta fuente de agua es de "Buena calidad" (Tabla 20).

Tabla 20 Cálculo del ICA - NSF en el punto de muestreo "Sudagua" muestreo 1 (Diciembre 2019)

Sudagua (Diciembre)						
M1 - 12:20 p.m.						
Parámetros	Resultado	Unidades	Valor - Q	W _i	Subtotal	
OD	84,6	% Sat	91	0,17	15,39	
DBO ₅	0,5	mg/L	98	0,11	10,78	
Nitratos	0,16	mg/L	97	0,1	9,68	
Fosfatos	0,19	mg/L	92	0,1	9,24	
Temperatura	6,1	°C	67	0,1	6,66	
SDT	90	mg/L	84	0,07	5,90	
Coliformes fecales	17	UFC/100ml	65	0,16	10,40	
Turbidez	3	NTU	90	0,08	7,20	
pH	8,4		70	0,11	7,68	
Índice general de calidad del agua (puntaje de 100):					82,93	

Nota.- M: Muestreo; W_i: Peso relativo; Valor - Q: Valor de Calidad

Elaborado por: (Autores, 2019).

Al realizar el cálculo del ICA - NSF del Muestreo-2 en el punto de monitoreo "Sudagua" en el mes de Diciembre, se obtuvo un valor de 81,83 del Índice general de calidad del agua, que nos indica que esta fuente de agua es de "Buena calidad" (**Tabla 21**).

Tabla 21 *Cálculo del ICA - NSF en el punto de muestreo "Sudagua" muestreo 2 (Diciembre 2019).*

Sudagua (Diciembre)					
M2 - 1:20 p.m.					
Parámetros	Resultado	Unidades	Valor - Q	W _i	Subtotal
OD	85,7	% Sat	91	0,17	15,54
DBO ₅	0,8	mg/L	96	0,11	10,58
Nitratos	0,21	mg/L	97	0,1	9,68
Fosfatos	0,34	mg/L	77	0,1	7,71
Temperatura	6,1	°C	67	0,1	6,66
SDT	90	mg/L	84	0,07	5,90
Coliformes fecales	17	UFC/100ml	65	0,16	10,40
Turbidez	1	NTU	96	0,08	7,68
pH	8,4		70	0,11	7,68
Índice general de calidad del agua (puntaje de 100):					81,83

Nota.- M: Muestreo; W_i: Peso relativo; Valor - Q: Valor de Calidad

Elaborado por: (Autores, 2019).

4.4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DEL ICA-NSF

Una vez realizado el cálculo del ICA-NSF, a partir de la ecuación (1). Se puede observar en la (**Tabla 22**), que según la clasificación del ICA-NSF en todos los puntos de muestreo el Índice general de calidad del agua nos muestra que estas fuentes de agua son de "Buena calidad". Aunque los resultados del ICA-NSF se mantengan en una misma clasificación se debe considerar la disminución de los valores en el Punto de monitoreo "Sudagua" donde al aumentar los resultados de los parámetros: Coliformes fecales y pH, estos afectan en cierta medida la disminución del valor del ICA-NSF.

La capacidad de reproducción de los Coliformes fecales fuera del intestino de los animales homeotermos es favorecida por la existencia de condiciones adecuadas de materia orgánica, pH, humedad, etc. (Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua, 2015).

Tabla 22 Resultados obtenidos del ICA-NSF

Punto de monitoreo		MUESTREOS				Clasificación por color	
ESTACIÓN	ZONA	6 de noviembre de 2019		5 de diciembre de 2019		Excelente (91 - 100)	Buena (71 - 90)
		M 1	M 2	M 1	M 2		
1	Cooperativa 1	83,33	84,10	83,91	84,49		
2	Cooperativa 2	87,39	87,70	87,13	86,03		
3	Sudagua	83,10	82,49	82,93	81,83		

Nota.- M: Muestreo

Elaborado por: (Autores, 2019).

4. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS PARÁMETROS ESTABLECIDOS DEL ICA-NSF CON LA NORMATIVA AMBIENTAL VIGENTE Y DETERMINACIÓN DE LA CATEGORÍA DE USO DE LAS FUENTES DE AGUA.

Una vez obtenidos los resultados correspondientes a los 9 parámetros establecidos por el ICA-NSF medidos en los tres puntos de muestreo durante el mes de Noviembre y Diciembre se realizó la comparación con la normativa ambiental vigente (**Tabla 23**), a continuación se muestran los Límites máximos permisibles según el Libro VI, Anexo I. del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA). Donde se tomaron en cuenta los usos más comunes de las fuentes de agua en la parroquia Sucre. Según los datos recogidos por el CPV-INEC, 2010 indica que a nivel de la parroquia Sucre predomina el sector económico primario (70,06%): Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca. Mientras que en la investigación de campo se determinó que el 57,14% de población económicamente activa se dedica a la actividad ganadera esta se complementa con la agricultura (42,89%) (Ramírez & Galarza, 2015). Sin embargo, las fuentes de agua que se analizaron para este estudio son exclusivamente de uso pecuario.

Tabla 23 Límites máximos permisibles según el Libro VI, Anexo I. del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA).

Límites máximos permisibles				
Parámetros	Consumo humano y uso doméstico		Uso agrícola	Uso pecuario
	Tratamiento convencional.	Requieran desinfección.		
OD (% Sat)	No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6mg/l	No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6mg/l	NE	3 mg/L
DBO ₅ (mg/l)	2	2	NE	NE
Nitratos (mg/l)	10	10	NE	10
Fosfatos (mg/l)	NE	NE	NE	NE
Temperatura (°C)	Condición Natural + o – 3 grados	Condición Natural + o – 3 grados	NE	NE
SDT (mg/l)	1000	500	3 000	3000
Coliformes fecales (NMP/100ml)	600	NE	NE	Menor a 1000
Turbidez (NTU)	100	10	NE	NE
pH	6 - 9	6 - 9	6 - 9	6 – 9

Elaborado por: (Autores, 2019)

Fuente: (MAE, 2015)

Como se puede observar en la (Tabla 24) en el punto de monitoreo “Cooperativa Uno” los parámetros: Nitratos, SDT, Coliformes fecales y pH, cumplen con los límites máximos permisibles para el uso pecuario. En cuanto a los parámetros: SDT y pH, cumplen con los límites máximos permisibles para el uso agrícola en el muestreo del mes de Noviembre y Diciembre. Por otra parte los parámetros: Nitratos, Temperatura, SDT, Turbidez y pH, cumplen con los límites máximos permisibles para el consumo humano y uso doméstico tanto para tratamiento convencional y que requieran desinfección, a excepción del OD que sus valores no alcanzan el 80% de Saturación y no cumple con los límites máximos permisibles en el mes de Noviembre y Diciembre, en cuanto a la DBO₅ sobrepasa los límites máximos permisibles únicamente en el mes de Noviembre, en el caso de los Coliformes fecales no especifica el límite máximo permisible para las aguas para el consumo humano y doméstico que requieran desinfección aunque para el tratamiento convencional los Coliformes fecales no sobrepasan el límite permisible, dicho lo anterior los límites máximos permisibles son comparados en contexto con la normativa ambiental vigente.

Tabla 24 Comparación de resultados con la normativa ambiental vigente en los puntos de monitoreo "Cooperativa Uno" mes de Noviembre y Diciembre 2019.

Cooperativa Uno		Límites máximos permisibles				
		Valor obtenido	Consumo humano y uso doméstico		Uso agrícola	Uso pecuario
Mes	Parámetros		Tratamiento convencional	Requieran desinfección		
Noviembre - M1	OD (% Sat)	72,10	NC	NC	NE	NE
	DBO ₅ (mg/L)	2,5	NC	NC	NE	NE
	Nitratos (mg/L)	0,18	C	C	NE	C
	Fosfatos (mg/L)	0,30	NE	NE	NE	NE
	Temperatura (°C)	3,2	C	C	NE	NE
	SDT (mg/L)	90	C	C	C	C
	Col. fecales (UFC/100ml)	—	—	—	—	—
	Turbidez (NTU)	1	C	C	NE	NE
	Ph	6,3	C	C	C	C
	Noviembre - M2	OD (% Sat)	74,70	NC	NC	NE
DBO ₅ (mg/L)		2,3	NC	NC	NE	NE
Nitratos (mg/L)		0,20	C	C	NE	C
Fosfatos (mg/L)		0,32	NE	NE	NE	NE
Temperatura (°C)		3,2	C	C	NE	NE
SDT (mg/L)		90	C	C	C	C
Col. fecales (UFC/100ml)		—	—	—	—	—
Turbidez (NTU)		1	C	C	NE	NE
Ph		6,3	C	C	C	C
Diciembre - M1		OD (% Sat)	73,60	NC	NC	NE
	DBO ₅ (mg/L)	1,9	C	C	NE	NE
	Nitratos (mg/L)	0,27	C	C	NE	C
	Fosfatos (mg/L)	0,33	NE	NE	NE	NE
	Temperatura (°C)	5,2	C	C	NE	NE
	SDT (mg/L)	80	C	C	C	C
	Col. fecales (UFC/100ml)	0	C	NE	NE	C
	Turbidez (NTU)	1	C	C	NE	NE
	pH	6,31	C	C	C	C
	Diciembre - M2	OD (% Sat)	71,20	NC	NC	NE
DBO ₅ (mg/L)		1	C	C	NE	NE
Nitratos (mg/L)		0,25	C	C	NE	C
Fosfatos (mg/L)		0,32	NE	NE	NE	NE
Temperatura (°C)		5,2	C	C	NE	NE
SDT (mg/L)		80	C	C	C	C
Col. fecales (UFC/100ml)		0	C	NE	NE	C
Turbidez (NTU)		2	C	C	NE	NE
pH		6,26	C	C	C	C

Nota: NE= No Especifica; C= Cumple; NC= No Cumple "Color rojo"

Elaborado por: (Autores, 2019); Fuente: (MAE, 2015)

Como se puede observar en la (Tabla 25) en el punto de monitoreo “Cooperativa Dos” los parámetros: Nitratos, SDT, Coliformes fecales y pH, cumplen con los límites máximos permisibles para el uso pecuario. En cuanto a los parámetros: SDT y pH, cumplen con los límites máximos permisibles para el uso agrícola en el muestreo del mes de Noviembre y Diciembre. Por otra parte los parámetros: Nitratos, Temperatura, SDT, Turbidez, DBO₅ y pH, cumplen con los límites máximos permisibles para el consumo humano y uso doméstico tanto para tratamiento convencional y que requieran desinfección, a excepción del OD que sus valores no alcanzan el 80% de Saturación y no cumple con los límites máximos permisibles en el mes de Noviembre y Diciembre, en el caso de los Coliformes fecales no especifica el límite máximo permisible para las aguas para el consumo humano y doméstico que requieran desinfección, aunque para el tratamiento convencional los Coliformes fecales no sobrepasan el límite permisible, dicho lo anterior los límites máximos permisibles son comparados en contexto con la normativa ambiental vigente.

Tabla 25 Comparación de resultados con la normativa ambiental vigente en los puntos de monitoreo "Cooperativa Dos" mes de Noviembre y Diciembre 2019.

Cooperativa Dos		Límites máximos permisibles				
		Valor obtenido	Consumo humano y uso doméstico		Uso agrícola	Uso pecuario
Mes	Parámetros		Tratamiento convencional	Requieran desinfección		
Noviembre - M1	OD (% Sat)	77	NC	NC	NE	NE
	DBO ₅ (mg/L)	1	C	C	NE	NE
	Nitratos (mg/L)	0,19	C	C	NE	C
	Fosfatos (mg/L)	0,25	NE	NE	NE	NE
	Temperatura (°C)	2,2	C	C	NE	NE
	SDT (mg/L)	70	C	C	C	C
	Col. fecales (UFC/100ml)	—	—	—	—	—
	Turbidez (NTU)	4	C	C	NE	NE
	pH	7,6	C	C	C	C
Noviembre - M2	OD (% Sat)	79,1	NC	NC	NE	NE
	DBO ₅ (mg/L)	1,2	C	C	NE	NE
	Nitratos (mg/L)	0,18	C	C	NE	C
	Fosfatos (mg/L)	0,24	NE	NE	NE	NE
	Temperatura (°C)	2,2	C	C	NE	NE
	SDT (mg/L)	70	C	C	C	C
	Col. fecales (UFC/100ml)	—	—	—	—	—
	Turbidez (NTU)	4	C	C	NE	NE
	pH	7,6	C	C	C	C

Cooperativa Dos			Límites máximos permisibles			
			Consumo humano y uso doméstico		Uso agrícola	Uso pecuario
Mes	Parámetros	Valor obtenido	Tratamiento convencional	Requieran desinfección		
Diciembre - M1	OD (% Sat)	78,4	NC	NC	NE	NE
	DBO ₅ (mg/L)	0,8	C	C	NE	NE
	Nitratos (mg/L)	0,23	C	C	NE	C
	Fosfatos (mg/L)	0,29	NE	NE	NE	NE
	Temperatura (°C)	3,2	C	C	NE	NE
	SDT (mg/L)	70	C	C	C	C
	Col. fecales (UFC/100ml)	—	—	—	—	—
	Turbidez (NTU)	3	C	C	NE	NE
	pH	7,6	C	C	C	C
	Diciembre - M2	OD (% Sat)	78,1	NC	NC	NE
DBO ₅ (mg/L)		0,6	C	C	NE	NE
Nitratos (mg/L)		0,20	C	C	NE	C
Fosfatos (mg/L)		0,27	NE	NE	NE	NE
Temperatura (°C)		3,2	C	C	NE	NE
SDT (mg/L)		70	C	C	C	C
Col. fecales (UFC/100ml)		5	C	NE	NE	C
Turbidez (NTU)		5	C	C	NE	NE
pH		7,6	C	C	C	C

Nota: NE= No Especifica; C= Cumple; NC= No Cumple "Color rojo"

Elaborado por: (Autores, 2019).

Fuente: (MAE, 2015).

Como se puede observar en la (Tabla 26) en el punto de monitoreo “Sudagua” los parámetros: Nitratos, SDT, Coliformes fecales y pH, cumplen con los límites máximos permisibles para el uso pecuario. En cuanto a los parámetros: SDT y pH, cumplen con los límites máximos permisibles para el uso agrícola en el muestreo del mes de Noviembre y Diciembre. Por otra parte los parámetros: Nitratos, Temperatura, SDT, Turbidez, OD, DBO₅ y pH, cumplen con los límites máximos permisibles para el consumo humano y uso doméstico tanto para tratamiento convencional y que requieran desinfección, en el caso de los Coliformes fecales no especifica el límite máximo permisible para las aguas para el consumo humano y doméstico que requieran desinfección, aunque para el tratamiento convencional los Coliformes fecales no sobrepasan el límite permisible, dicho lo anterior los límites máximos permisibles son comparados en contexto con la normativa ambiental vigente.

Tabla 26 Comparación de resultados con la normativa ambiental vigente en los puntos de monitoreo "Sudagua" mes de Noviembre y Diciembre 2019.

Mes	Sudagua	Parámetros	Valor obtenido	Límites máximos permisibles			
				Consumo humano y uso doméstico		Uso agrícola	Uso pecuario
				Tratamiento convencional	Requieran desinfección		
Noviembre - M1		OD (% Sat)	86,8	C	C	NE	NE
		DBO ₅ (mg/L)	1	C	C	NE	NE
		Nitratos (mg/L)	0,23	C	C	NE	C
		Fosfatos (mg/L)	0,26	NE	NE	NE	NE
		Temperatura (°C)	5,1	C	C	NE	NE
		SDT (mg/L)	80	C	C	C	C
		Col. fecales (UFC/100ml)	—	—	—	—	—
		Turbidez (NTU)	2	C	C	NE	NE
		pH	8,4	C	C	C	C
	Noviembre - M2		OD (% Sat)	87,4	C	C	NE
		DBO ₅ (mg/L)	0,8	C	C	NE	NE
		Nitratos (mg/L)	0,24	C	C	NE	C
		Fosfatos (mg/L)	0,36	NE	NE	NE	NE
		Temperatura (°C)	5,1	C	C	NE	NE
		SDT (mg/L)	80	C	C	C	C
		Col. fecales (UFC/100ml)	—	—	—	—	—
		Turbidez (NTU)	1	C	C	NE	NE
		pH	8,4	C	C	C	C
Diciembre - M1			OD (% Sat)	84,6	C	C	NE
		DBO ₅ (mg/L)	0,5	C	C	NE	NE
		Nitratos (mg/L)	0,16	C	C	NE	C
		Fosfatos (mg/L)	0,19	NE	NE	NE	NE
		Temperatura (°C)	6,1	C	C	NE	NE
		SDT (mg/L)	90	C	C	C	C
		Col. fecales (UFC/100ml)	—	—	—	—	—
		Turbidez (NTU)	3	C	C	NE	NE
		pH	8,4	C	C	C	C
	Diciembre - M2		OD (% Sat)	85,7	C	C	NE
		DBO ₅ (mg/L)	0,8	C	C	NE	NE
		Nitratos (mg/L)	0,21	C	C	NE	C
		Fosfatos (mg/L)	0,34	NE	NE	NE	NE
		Temperatura (°C)	6,1	C	C	NE	NE
		SDT (mg/L)	90	C	C	C	C
		Col. fecales (UFC/100ml)	17	C	NE	NE	C
		Turbidez (NTU)	1	C	C	NE	NE
		pH	8,4	C	C	C	C

Nota: NE= No Especifica; C= Cumple; NC= No Cumple "Color rojo"

Elaborado por: (Autores, 2019); Fuente: (MAE, 2015).

CAPITULO V.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- De acuerdo a la norma INEN 2226:2013 “Agua. Calidad del Agua. Muestreo. Diseño de los Programas de Muestreo”, se identificaron tres fuentes de agua la cuales son utilizadas para el abastecimiento de abrevaderos, donde se establecieron los puntos de muestreo en los sitios denominados: Cooperativa Uno (X: 781446, Y: 9861508), Cooperativa Dos (X: 781507, Y: 9861895) y Sudagua (X: 780336, Y: 9861336). Ubicadas en un rango altitudinal de 3210 a 3549 m.s.n.m.
- Obtenidos los resultados tras la caracterización realizada en las fechas 6 de Noviembre del 2019 y 5 de Diciembre del 2019, en el cual se tomaron dos muestras puntuales en cada uno de los sitios de monitoreo de todos los parámetros físicos y químicos, y un muestreo puntual del parámetro microbiológico “Coliformes fecales” únicamente en el mes de Diciembre, en el Punto de monitoreo “Sudagua” es notable el aumento de los valores obtenidos de los parámetros: Coliformes fecales y pH, que presentan un valor de 17 UFC/100ml y 8,4 respectivamente, que a comparación de los otros puntos de muestreo estas aguas están posiblemente influenciadas por actividades antrópicas como el pastoreo.
- Al calcular el Índice de Calidad de Agua (ICA- NSF) en periodo veraniego del mes de Noviembre y Diciembre, en las fuentes de agua: Cooperativa Uno, Cooperativa Dos y Sudagua, según la clasificación del ICA-NSF el Índice general de calidad del agua nos indica que todas las fuentes de agua analizadas en el presente estudio son de “Buena calidad”. Aunque los resultados del ICA-NSF se mantengan en una misma clasificación se debe considerar la disminución de los valores en el Punto de monitoreo “Sudagua” que al aumentar los valores de los parámetros: Coliformes fecales y pH, afectan en cierta medida la disminución del ICA-NSF, que puede estar relacionado con las actividades antrópicas como la ganadería que se desarrollan a la intemperie de esta fuente de agua, sin embargo estas actividades productivas no afectan significativamente a la calidad del agua, de esta manera se puede atribuir que el ICA-NSF refleja de manera puntual la situación actual de las fuentes de agua: Cooperativa Uno, Cooperativa Dos y Sudagua, la información obtenida mediante el presente estudio establece una línea base, que aporta parcialmente al desarrollo, planificación y gestión de los proyectos que se

ejecutan y próximos a ejecutarse, dentro de Plan de Manejo de Páramo FECOPA apoyado por el FMPLPT, que a su vez muestra de cierta manera una imagen del estado de conservación del área de páramo que se mantiene en acuerdo de conservación con el fin de garantizar agua en cantidad y calidad para sus habitantes.

- Una vez obtenidos los resultados de los parámetros establecidos del ICA-NSF y tras el análisis comparativo con la normativa ambiental vigente TULSMA (Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente), Libro VI, Anexo 1; podemos constatar de manera general que en los puntos muestreados: Cooperativa Uno y Cooperativa Dos, en el mes de Noviembre y Diciembre los parámetros cumplen con los límites máximos permisibles para uso agrícola, pecuario y para el consumo humano y uso doméstico tanto para tratamiento convencional y que requieran desinfección, a excepción del OD que su valor es menor al 80% de saturación y la DBO₅ que sobrepasa los valores máximos permisibles en el punto de monitoreo Cooperativa Uno en el mes de Noviembre. A pesar de que en el punto de muestreo “Sudagua” exponga los valores más altos de Coliformes Fecales en comparación con los otros puntos de muestreo, cumple favorablemente con los límites máximos permisibles para uso agrícola, pecuario, consumo humano y uso doméstico tanto para tratamiento convencional y que requieran desinfección.

5.2. RECOMENDACIONES

- Considerar realizar el índice de calidad con la inclusión de otros parámetros que se adapten a las condiciones de las fuentes de agua provenientes del ecosistema páramo y permita tener resultados más exactos.
- El estudio se realizó únicamente en el mes de noviembre y diciembre por tal motivo se recomienda hacer un seguimiento o un plan de monitoreo que muestre el comportamiento de las fuentes de agua tanto en época de invierno y verano.
- Por motivos de accesibilidad y costos, se realizó en análisis únicamente en las fuentes de agua Cooperativa Uno, Cooperativa Dos y Sudagua, sin embargo, existen otras fuentes de agua que forman parte del Plan de Manejo de Páramo FECOPA, que según los moradores del sector estas son utilizadas para uso pecuario, agrícola y consumo humano, es de especial interés complementar el estudio que abarque las fuentes de agua mencionadas.

CAPITULO VI

BIBLIOGRAFÍA

- Agua Ecuador (2012). El páramo y el agua en el Ecuador. Obtenido de: <http://agua-ecuador.blogspot.com/2012/04/el-paramo-y-el-agua-en-el-ecuador.html>
- Ball, R., & Church, R. (1980). *Water Quality Indexing And Scoring. Journal Of The Environmental Engineering Division, American Society Of Civil Engineers, 106, EE4.*
- Boyd, E. C. (2015). *Water Quality*. Auburn: Springer - School of Fisheries, Aquaculture and Aquatic Sciences.
- Brown, R. M. (1970). *A Water Quality Index - Do We Dare? Water and Sewage Works.*
- Calles J. (2015). Calidad del agua de los ríos en los páramos de Tungurahua usando bioindicadores acuáticos Obtenido de file:///C:/Users/acer/Downloads/Informe_Macrocentos.pdf
- Castillo, C. (20 de Mayo de 2014). *Paramo Como Fuente De Agua Fuente De Vida*. Obtenido de <http://www.redjbm.com/catedra/index.php/opinion/112-paramo-como-fuente-de-agua-fuente-de-vida>
- Commission on the Potomac River Basin. (2017). *Water Ways: Stream Ecology and Monitoring*. Middle School Version - Bilingual Interstate .
- Carrera, M.I. Sáenz, M., Bustamante, M. 2016. Lineamientos para la Actualización de los Planes de Manejo de Páramos de la provincia de Tungurahua. Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua/ Fondo de Páramos Tungurahua/CONDESAN-Proyecto EcoAndes. Ambato.
- Escenarios Hídricos 2030. (2018). *Radiografía del Agua: Brecha y Riesgo Hídrico en Chile*. Santiago, Chile: Fundación Chile.
- FAO (Naciones Unidas). (2018). Compartir el agua. *Suplemento Foro Mundial del Agua realizado por la FAO (Naciones Unidas)* (pág. 4). Brasilia: LE MONDE DIPLOMATIQUE EN ESPAÑOL.
- FECOPA (2018). Protección del ecosistema páramo de las comunidades de Patate Urco y Puatug pertenecientes a la parroquia Sucre y a la comunidad la Libertad de la parroquia Matriz Filiales a la FECOPA del cantón Patate provincia de Tungurahua, a través de las alternativas agropecuarias aplicadas en áreas productivas.
- Fundación Vasca para la Seguridad Agralimentaria. (2012). *EL AGUA ES UN FACTOR CLAVE QUE INFLUYE EN LA CALIDAD Y SEGURIDAD DE LAS PRODUCCIONES: EL AGUA EN LAS EXPLOTACIONES GANADERAS*. Erika.
- Greenpeace. (2013). Páramos en peligro de extinción, el caso de la minería de Carbón en Pisba. Obtenido de

<http://greenpeace.co/pdf/paramos/Informe%20P%C3%A1ramos%20en%20peligro.pdf>

- H. Gobierno Provincial de Tungurahua. (2018). *Memorias de los Foros Ambientales Tungurahua*. Ambato: GRAPHUS.
- IANAS. (2019). *Calidad del Agua en las Américas: Riesgos y oportunidades*. México: The Inter-American Network of Academies of Sciences (IANAS).
- Jean, P. (2013). PROGRAMA REGULATORIO AGRÍCOLA: RECURSOS PARA AGRICULTORES. NITRATO EN EL AGUA POTABLE. *Water Boards*, 1
- MAE. (2015). Libro VI, Anexo I. En M. d. Ambiente, Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. Ecuador.
- Molina, A., Pozo, M., & Serrano, J. (2018). *Agua, saneamiento e higiene: medición de los ODS en Ecuador*. Instituto Nacional de Estadística y Censos y UNICEF (INEC-UNICEF). Quito - Ecuador.
- Organización Mundial de la Salud y ONU-HABITAT. (2018). *Progresos en la calidad del agua: prueba piloto de la metodología de monitoreo y primeras constataciones sobre el indicador 6.3.2 de los ODS*. Ginebra: Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- Paun, L. (2016). *WATER QUALITY INDICES - METHODS FOR EVALUATING THE QUALITY OF DRINKING WATER*. Simi: THE ENVIRONMENT AND THE INDUSTRY.
- Pauta G. y Chang J. (2014) Índices de calidad del agua de fuentes superficiales y aspectos toxicológicos, evaluación del Río Burgay. *MASKANA, I+D+ingeniería*, 165 - 176
- Ramírez, C., & Galarza, C. (2015). *ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA PARROQUIA SUCRE - CANTÓN PATATE*. Sucre.
- Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua. (2015). *Agua potable para comunidades rurales, reuso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas: INDICADORES DE CONTAMINACION FECAL EN AGUAS*. Madrid: CYTED.
- Rodríguez, D., & Valldeoriola, J. (2014). *Metodología de la Investigación*. Barcelona: Universitat Oberta de Catalunya.
- Sierra, C. (2011). *Calidad del Agua: Evaluación y Diagnóstico*. Medellín: Universidad de Medellín.
- UICN. (2018). *Guía de Modelo Participativo de la Calidad de Agua*. Quito - Ecuador: UICN.

CAPITULO VII

ANEXOS

Anexo 1 Muestreo y análisis de las diferentes fuentes de agua de los sectores: La Cooperativa Uno, Cooperativa Dos, Sudagua de la comunidad Patate Urco y Tres Cochas.



Gráfico 1. Ingreso al área de estudio para determinar los puntos de muestreo.



Gráfico 2. Muestreo y análisis *In situ* de la calidad de agua de la “fuente de agua Cooperativa Uno”.



Gráfico 3. Muestreo y análisis *In situ* de la calidad de agua de la “fuente de agua Cooperativa Dos”.



Gráfico 4. Muestreo y análisis *In situ* de la calidad de agua de la “fuente de agua Sudagua”.

Anexo 2 Análisis de la calidad de agua en el laboratorio del Fondo de Páramos Tungurahua.



Gráfico 5. Preparación de equipos para realizar análisis de calidad de agua.



Gráfico 6. Determinación de los Nitratos en las muestras del agua.



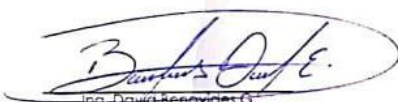





Gráfico 7. Determinación de los Fosfatos en las muestras de agua.




Gráfico 8. Determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días (DBO_5).

**Anexo 3 Resultados de laboratorio de los Coliformes Fecales de la Fuente de agua
"Cooperativa Uno"**

		INFORME DE RESULTADOS ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS			
		17025-RG-CC-71-09			
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD					
DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE			DATOS GENERALES		
CLIENTE:	RONEY MARTIN GRANIZO TABOADA		CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:	19121390	
DIRECCIÓN:	Argentina y Bolívia		FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO:	05-12-2019, 13H50	
PERSONA DE CONTACTO:	Roney Martín Granizo Taboada		FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS:	05-12-2019	
TELÉFONO DE CONTACTO:	0977129355		FECHA DE FIN DE ANÁLISIS:	06-12-2019	
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA:	Cantón Palote, Pangoa Sucre		FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:	09-12-2019	
LUGAR DONDE SE TOMÓ LA MUESTRA:	Cooperativa 1		CONDICIONES AMBIENTALES:		
FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA:	05-12-2019, 10H00			Humedad (%): 35	
TIPO DE TOMA DE MUESTRA: (Puntual/compuesta)	Puntual			Temperatura (°C): 24,7	
TIPO DE MUESTRA (MATRIZ):	Agua Natural				
RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	Roney Martín Granizo Taboada				
ANÁLISIS REALIZADOS					
PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO UTILIZADO	Norma de referencia: TABLA 1. CRITERIOS DE CALIDAD DE FUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO. TULSMA. LIBRO VI. ANEXO 1 (2015) **	RESULTADOS	
COLIFORMES FECALES *	ufc/100mL	APHA-9222-D	1000	0	
<p>* Ensayos fuera del alcance de acreditación del SAE. ** Los límites permisibles de la Norma de referencia descrita en el presente Informe están fuera del alcance de acreditación del SAE.</p>					
<p>NOTA: ESTE INFORME SOLO AFECTA A LA MUESTRA QUE SE HA SOMETIDO A ENSAYO. EL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE LA EP-EMAPA-A NO SE RESPONSABILIZA DEL ORIGEN DE LA MUESTRA, TRANSPORTACIÓN DE LA MISMA Y VERACIDAD DE LOS DATOS DADOS POR EL CLIENTE. NO SE PERMITE A LOS USUARIOS EL USO DEL LOGOTIPO DEL SAE NI DE LA CONDICIÓN DE ACREDITADO (CR GAR 04) NO SE DEBE REPRODUCIR EL INFORME DE ENSAYO, EXCEPTO EN SU TOTALIDAD, SIN LA APROBACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO.</p>					
<p>OBSERVACIONES: Ninguna</p>					
<p>PROFESIONALES RESPONSABLES:</p>					
 Ing. David Benavides G. ANALISTA DE LABORATORIO			 Ing. Jacqueline Avila J. RESPONSABLE TÉCNICO (S)		
					
 Scanned with CamScanner		EMPRESA CERTIFICADA ISO 9001 17025	Matriz: Antonio Clavijo e Isaías Sánchez Telf.: (03) 299-7700 / Ext: 701 - 702 Ambato - Ecuador EP-EMAPA - A. Vía Ecológica a Santa Rosa - Ambato		


**Anexo 4 Resultados de laboratorio de los Coliformes Fecales Fuente de agua
"Cooperativa Dos"**



INFORME DE RESULTADOS ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS

17025-RG-CC-71-09

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD



DATOS PROPORCIONADOS POR EL CUENTE		DATOS GENERALES	
CLIENTE:	RONNEY MARTIN GRANIZO TABOADA	CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:	19121391
DIRECCIÓN:	Argentina y Bolivia	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO:	05-12-2019: 13H50
PERSONA DE CONTACTO:	Roney Martin Granizo Taboada	FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS:	05-12-2019
TELÉFONO DE CONTACTO:	0979129335	FECHA DE FIN DE ANÁLISIS:	06-12-2019
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA:	Cantón Patate, Pámacoña Sucre	FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:	09-12-2019
LUGAR DONDE SE TOMÓ LA MUESTRA:	Cooperativa 2	CONDICIONES AMBIENTALES:	
FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA:	05-12-2019: 10H00		Humedad (%): 35
TIPO DE TOMA DE MUESTRA: (Puntual/compuesta)	Puntual		Temperatura (°C): 24.7
TIPO DE MUESTRA (MATRIZ):	Agua Natural		
RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	Roney Martin Granizo Taboada		

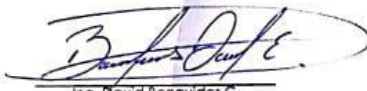
PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO UTILIZADO	Norma de referencia: TABLA 1. CRITERIOS DE CALIDAD DE FUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO. TULSMA. LIBRO VI. ANEXO 1 (2015) **	RESULTADOS
COLIFORMES FECALES *	ufc/100ml	APHA-9222-D	1000	5

* Ensayos fuera del alcance de acreditación del SAE.
 ** Los límites permisibles de la Norma de referencia descrita en el presente informe están fuera del alcance de acreditación del SAE.


NOTA: ESTE INFORME SOLO AFECTA A LA MUESTRA QUE SE HA SOMETIDO A ENSAYO, EL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE LA EP-EMAPA-A NO SE RESPONSABILIZA DEL ORIGEN DE LA MUESTRA, TRANSPORTACIÓN DE LA MISMA Y VERACIDAD DE LOS DATOS DADOS POR EL CUENTE. NO SE PERMITE A LOS USUARIOS EL USO DEL LOGOTIPO DEL SAE NI DE LA CONDICIÓN DE ACREDITADO (CR GAR 04) NO SE DEBE REPRODUCIR EL INFORME DE ENSAYO, EXCEPTO EN SU TOTALIDAD, SIN LA APROBACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO.

OBSERVACIONES: Ninguna


PROFESIONALES RESPONSABLES:




Ing. David Benavides G.
ANALISTA DE LABORATORIO



Ing. Jacqueline Avila J.
RESPONSABLE TÉCNICO (S)



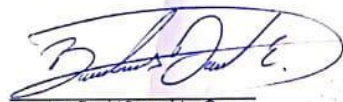
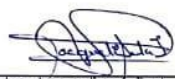






EMPRESA CERTIFICADA ISO 9001
17025
www.emapa.gob.ec

Matriz: Antonio Clavijo e Isaías Sánchez
 Telf.: (03) 299-7700 / Ext: 701 - 702
 Ambato - Ecuador
 EMAPA - A. Vía Ecológica a Santa Rosa - Ambato
 Telf. 2585991 Ext. 101, 102, 103

**Anexo 5 Resultados de laboratorio de los Coliformes Fecales de la Fuente de agua
"Sudagua"**

		INFORME DE RESULTADOS ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS			
		17025-RG-CC-71-09			
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD					
DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE			DATOS GENERALES		
CLIENTE: DIRECCIÓN: PERSONA DE CONTACTO: TELÉFONO DE CONTACTO: PROCEDENCIA DE LA MUESTRA: LUGAR DONDE SE TOMÓ LA MUESTRA: FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA: TIPO DE TOMA DE MUESTRA: (Puntual/compuesta) TIPO DE MUESTRA (MATRIZ): RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	RONEY MARTIN GRANIZO TABOADA Argentina y Bolivia Roney Martin Granizo Taboada 0979129355 Cantón Patate, Paracquia Sucre Sudagua 05-12-2019; 11H00 Puntual Agua Natural Roney Martin Granizo Taboada		CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO: FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: FECHA DE FIN DE ANÁLISIS: FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME: CONDICIONES AMBIENTALES:		19121392 05-12-2019; 13H50 05-12-2019 06-12-2019 09-12-2019 Humedad (%): 35 Temperatura (°C): 24.7
ANÁLISIS REALIZADOS					
PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO UTILIZADO	Norma de referencia: TABLA 1. CRITERIOS DE CALIDAD DE FUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO. TULSMA. LIBRO VI. ANEXO 1 (2015) **	RESULTADOS	
COLIFORMES FECALES *	ufc/100ml	APHA-9222-D	1000	17	
* Ensayos fuera del alcance de acreditación del SAE. ** Los límites permisibles de la Norma de referencia descrita en el presente informe están fuera del alcance de acreditación del SAE.					
NOTA: ESTE INFORME SOLO AFECTA A LA MUESTRA QUE SE HA SOMETIDO A ENSAYO. EL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE LA EP-EMAPA-A NO SE RESPONSABILIZA DEL ORIGEN DE LA MUESTRA, TRANSPORTACIÓN DE LA MISMA Y VERACIDAD DE LOS DATOS DADOS POR EL CLIENTE. NO SE PERMITE A LOS USUARIOS EL USO DEL LOGOTIPO DEL SAE NI DE LA CONDICIÓN DE ACREDITADO [CR GAR D4] NO SE DEBE REPRODUCIR EL INFORME DE ENSAYO, EXCEPTO EN SU TOTALIDAD, SIN LA APROBACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO.					
OBSERVACIONES: Ninguna					
PROFESIONALES RESPONSABLES:					
 Ing. David Benavides G. ANALISTA DE LABORATORIO			 Ing. Jacqueline Avila J. RESPONSABLE TÉCNICO (S)		
		EMPRESA CERTIFICADA ISO 9001 17025 	Matriz: Antonio Clavijo e Isaías Sánchez Telf.: (03) 299-7700 / Ext: 701 - 702 Ambato - Ecuador Laboratorio de Control de Calidad EP-EMAPA - A, Vía Ecológica a Santa Rosa - Ambato Telf. 2585991 Ext. 101, 102, 103		