Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Sede Ibarra

ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y AMBIENTALES

INFORME FINAL DEL PROYECTO

TEMA:

EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA E IMPACTOS QUE EJERCEN LAS PLANTACIONES DE PINOS EN EL SISTEMA HÍDRICO DEL ECOSISTEMA PÁRAMO DEL PARQUE NACIONAL COTACACHI CAYAPAS (PNCCa)

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

Licenciatura en Ciencias Ambientales y Ecodesarrollo

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:

Línea 4: Gestión Sostenible y Aprovechamiento de los Recursos Naturales.

Sublínea: Ambiente y Biodiversidad

AUTORA: KARLA AILYS RIVERA PROAÑO

ASESOR: MSc. MORAIMA MERA

IBARRA, NOVIEMBRE– 2021

CERTIFICACIÓN DEL ASESOR DE TESIS

Ibarra, 10 de noviembre de 2021

MSc. MORAIMA CRISTINA MERA AGUAS

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigentes en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales (ECAA), de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI); en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

(f:) .....

MSc. MORAIMA CRISTINA MERA AGUAS

C.C.: 1001743721

PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El jurado examinador, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI):

(f): .....

MSc. MORAIMA CRISTINA MERA AGUAS

C.C.: 1001743721

(f): .....

Mgs. Diego Miguel Puerres Vera

C.C.: 1001778982

(f): .....

Mgs. Paola Alexandra Chávez Guerrero

C.C.: 1002744090

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Yo Karla Ailys Rivera Proaño, declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 165 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, que manifiesta textualmente: "Se reconoce facultad de los autores y demás titulares de derechos de disponer de sus derechos o autorizar las utilizaciones de sus obras o prestaciones, a título gratuito u oneroso, según las condiciones que determinen. Esta facultad podrá ejercerse mediante licencias libres, abiertas y otros modelos alternativos de licenciamiento o la renuncia".

Ibarra, 10 de noviembre de 2021

(f):.....

Karla Ailys Rivera Proaño

C.C.: 100396897-9

AUTORÍA

Yo, Karla Ailys Rivera Proaño, portador de la cédula de ciudadanía N° 100396897-9, declaro que la presente investigación es de total responsabilidad del autor, y eximo expresamente a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra de posibles reclamos o acciones legales.

(f):.....

Karla Ailys Rivera Proaño

C.C.: 100396897-9

DECLARACIÓN y AUTORIZACIÓN

Yo: Karla Ailys Rivera Proaño, con CC: 100396897-9, autor del trabajo de grado intitulado: Evaluación de la influencia e impactos que ejercen las plantaciones de pinos en el sistema hídrico del ecosistema páramo del Parque Nacional Cotacachi Cayapas (PNCCa), previo a la obtención del título profesional de Licenciatura en Ciencias Ambientales y Ecodesarrollo, en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede- Ibarra, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra a difundir a través de sitio web de la Biblioteca de la PUCESI el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de Universidad.

Ibarra, 10 de noviembre de 2021



Karla Ailys Rivera Proaño

C.C. 100396897-9

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico principalmente a Dios que ha sido mi guía y mi fuerza en los momentos más difíciles, a mis padres que durante toda mi vida me han incentivado a seguir adelante y a luchar por mis sueños, quienes me han brindado consejos diarios para cada día ser una mejor persona, ellos que han sido mi pilar fundamental para mantenerme de pie y así poder seguir adelante en cada meta que me he propuesto durante todo este tiempo

AGRADECIMIENTO

Agradezco de todo corazón a mis padres, que con todos sus consejos, paciencia, sabiduría y amor han sabido guiarme, a ellos que me apoyaron en cada semestre cursado a culminarlo de la mejor manera sin que llegue a rendirme.

A mi familia en general que me han apoyado en muchos casos, que me han incentivado a ser mejor y a no conformarme.

A la Pontificia Universidad Católica del Ecuador que fue la que me formó como una buena profesional en estos años que han pasado, que me ha brindado varios conocimientos que son necesarios para poder salir adelante cuidando lo que más amo, de la misma manera tomo muy en cuenta el cariño y conocimiento que me han brindado los docentes de la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales que día a día van renovando sus conocimientos para compartirlos con nosotros de la mejor manera desde el inicio de la carrera que he tomado hasta el final, sobre todo a mi asesora MSc. Moraima Mera quien me ha apoyado desde que me conoce, que me ha enseñado que siempre podemos seguir adelante en todo momento, quien así mismo me ha brindado varios consejos para poder mejorar en todo lo que hagamos.

Finalmente, a aquellas personas que han ido formando parte de mi vida con quienes hemos compartido muchas experiencias que siempre se quedarán en nuestros corazones.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN DEL ASESOR DE TESIS ii

PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL iii

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS iv

AUTORÍA v

DECLARACIÓN y AUTORIZACIÓN vi

DEDICATORIA vii

AGRADECIMIENTO viii

ÍNDICE DE CONTENIDO ix

ÍNDICE DE TABLAS xiii

ÍNDICE DE FIGURAS xiv

ÍNDICE DE ANEXOS xv

RESUMEN 1

ABSTRACT 2

CAPÍTULO I 2

INTRODUCCIÓN 3

CAPÍTULO II 4

OBJETIVOS 4

2.1. Objetivo general 4

2.2. Objetivos específicos 4

2.3. Pregunta directriz 4

CAPÍTULO III 5

ESTADO DEL ARTE 5

3.1. Los páramos 5

3.1.1. Los páramos ecuatorianos 5

3.1.2. Importancia de los páramos 6

3.1.3. El agua en el páramo 6

3.1.4. Regulación hídrica 7

3.1.5. Efectos que ocasionan los pinos al agua en los páramos 7

3.2. El agua 8

3.2.1. Características físico-químicas del agua 9

3.3. Índice de Calidad de Agua (ICA) 11

3.3.1. Ventajas del ICA 12

3.3.2. Limitaciones del ICA 12

3.4. Efecto de las plantaciones de pinos en los diferentes lugares 13

3.4.1. Efecto de las plantaciones de pino sobre el recurso agua en la cordillera de la costa de la región Biobío, Chile 13

3.4.2. Afectaciones de pinos en la producción hídrica de la quebrada Boyacogua 13

3.4.3. Relación entre árboles y servicios hidrológicos en los Andes Tropicales 13

3.4.4. Plantaciones forestales en los páramos de Colombia 14

3.4.5. Plantaciones de pinos en los páramos de Azuay 14

3.5. Comportamiento de las plantaciones de pinos frente a las plantas endémicas 14

3.6. Componentes de las acículas del pino y sus propiedades físico químicas 15

CAPÍTULO IV 16

MATERIALES Y MÉTODOS 16

4.1. Materiales y Equipos 16

4.2. Métodos de investigación 17

4.3. Localización del área de estudio 17

4.3.1. Ubicación geográfica del área de estudio 18

4.4. Diagnóstico, y selección de puntos. 19

4.5. Toma de muestras 21

4.6. Parámetros evaluados 22

4.6.1. Análisis de los parámetros 22

4.7. Determinación del Índice de Calidad del Agua (ICA) 28

4.7.1. Parámetros ICA que determina la calidad del agua establecidos por Brown 29

4.7.2. Estimación del Índice de Calidad del Agua 29

4.7.3. Pesos relativos del parámetro ICA 30

CAPÍTULO V 32

RESULTADOS Y DISCUSIÓN 32

5.1. Ubicación de los puntos de muestras 32

5.2. Evaluación del Índice de calidad de Agua (ICA) 36
5.2.1. Propiedades organolépticas. 36
5.2.2. Análisis de los parámetros físicos, químicos y biológicos 37
5.2.3. Resultados del Índice de Calidad de Agua (ICA)..... 39
CAPÍTULO VI 46
CONCLUSIONES..... 46
CAPÍTULO VII..... 47
RECOMENDACIONES 47
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 48
ANEXOS..... 55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:Materiales, Equipos y Reactivos 16

Tabla 2: Coordenadas de los puntos muestreados 20

Tabla 3: Parámetros ICA establecidos por Brown 29

Tabla 4: Pesos relativos del ICA.....30

Tabla 5: Clasificación ICA.....31

Tabla 6: Resultados de las propiedades organolépticas 36

Tabla 7: Resultados de las propiedades físicas, químicas y biológicas.....37

Tabla 8: Resultados del ICA, Zona Alta.....39

Tabla 9: Resultados del ICA, Zona Media 40

Tabla 10: Resultados del ICA en la Zona Baja 41

Tabla 11: Resultados del ICA de las 3 Zonas, Promedio Total.....42

Tabla 12: Resultados de terpenos de las muestras tomadas 43

Tabla 13: Resultados de Grasas y Aceites 44

Tabla 14: Resultados del caudal 45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de ubicación. 18

Figura 2: Muestra testigo.....28

Figura 3: Ubicación de los puntos de muestreo. 32

Figura 4: Ruta de muestreo de la Zona Alta. 33

Figura 5: Ruta de muestreo de la Zona Media. 34

Figura 6: Ruta de la Zona Baja. 35

Figura 7: Valores de fosfatos fuera de rango. 38

Figura 8: Valores de Oxígeno Disuelto fuera de rango. 39

Figura 9: Valores del Promedio ICA de las 3 zonas.....42

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Fotografías toma 1 con apoyo del personal del MAATE (Guardaparques) 55

Anexo 2: Fotografías de la toma 2 56

Anexo 3: Fotografías de la toma 3 56

Anexo 4: Análisis de las muestras en el laboratorio 57

Anexo 5: Fotografías siembra de muestras para análisis de coliformes 57

Anexo 6: Análisis de Fosfatos 58

Anexo 7: Análisis de terpenos 58

Anexo 8: Análisis de Grasas y Aceites 59

Anexo 9: Resultados DBO 5 de las muestras 1, 2 y 3 de la Toma 1 59

Anexo 10: Crecimiento DBO5 de la muestra 1 Toma 1 60

Anexo 11: Crecimiento de DBO5 de la Muestra 2 Toma 1 60

Anexo 12: Crecimiento de DBO5 de la Muestra 3 Toma 1 61

Anexo 13: Resultados DBO5 de las muestras 1, 2 y 3 de la Toma 2 61

Anexo 14: Crecimiento de DBO5 de la Muestra 1 de Toma 2 62

Anexo 15: Crecimiento de DBO5 de la Muestra 2 Toma 2 62

Anexo 16: Crecimiento de DBO5 de la Muestra 3 Toma 1 63

Anexo 17: Crecimiento DBO5 de las muestras 1, 2 y 3 de la Toma 3 63

Anexo 18: Crecimiento DBO5 de la Muestras 1 de la Toma 3 64

Anexo 19: Crecimiento de DBO5 de la Muestra 2 Toma 3 64

Anexo 20: Crecimiento de DBO5 de la Muestra 3 Toma 3 65

Anexo 21: Resultados de Coliformes Fecales obtenidos 65

Anexo 22: Comparación de los Coliformes Fecales de las Muestras Tomadas 66

Anexo 23: Resultados de pH obtenidos 66

Anexo 24: Comparación del pH de las Muestras Tomadas 67

Anexo 25: Resultados DBO5 obtenidos 67

Anexo 26: Comparación de DBO_5 de las Muestras Tomadas 68

Anexo 27: Resultados de Nitratos obtenidos 68

Anexo 28: Comparación Nitratos de las Muestras Tomadas 69

Anexo 29: Resultados de Fosfatos obtenidos 69

Anexo 30: Comparación Fosfatos de las Muestras Tomadas 70

Anexo 31: Resultados de la Temperatura obtenidos 70

Anexo 32: Comparación de la Temperatura de las Muestras Tomadas 71

Anexo 33: Resultados de la Turbidez obtenidos 71

Anexo 34: Comparación de la Turbidez de las Muestras Tomadas 72

Anexo 35: Resultados de los TDS obtenidos 72

Anexo 36: Comparación de los TDS de las Muestras Tomadas 73

Anexo 37: Resultados del Oxígeno Disuelto obtenidos 73

Anexo 38: Comparación del Oxígeno Disuelto de las Muestras Tomadas 74

Anexo 39: Resultados de Grasas y Aceites obtenidos 74

Anexo 40: Comparación de los resultados de Grasas y Aceites de las Muestras Tomadas.....75

Anexo 41: Resultados de Caudales obtenidos 75

Anexo 42: Comparación de los resultados de Caudales de las Muestras Tomadas 76

Anexo 43: Coliformes fecales 76

Anexo 44: pH 77

Anexo 45: Demanda Bioquímica de Oxígeno 5 (DBO5) 77

Anexo 46: Nitratos.....78

Anexo 47: Fosfatos 79

Anexo 48: Cambio de Temperatura 79

Anexo 49: Turbidez 80

Anexo 50: Sólidos Disueltos Totales (TDS).....81

Anexo 51: Oxígeno Disuelto (O.D.) 81

RESUMEN

Los páramos del Ecuador son considerados de suma importancia debido a que regulan los ciclos hídricos, así como también se encuentra conformado por una gran variedad de biodiversidad, en la actualidad los mismos se ven afectados por la introducción de especies forestales los cuales han sido dañinos para el ecosistema, el presente estudio se basó en determinar la Calidad de Agua que se encuentra en el páramo de Morochos del Parque Nacional Cotacachi Cayapas (PNCCa) tomando en cuenta el análisis de diferentes factores como caudales ecológicos, caracterización físico química y microbiológica del agua, compuestos derivados de la presencia de pinos en el sitio como son: grasas, aceites y compuestos terpénicos así como el ICA (Índice de Calidad del Agua) de esta manera se llegó a responder a todos objetivos planteados.

La investigación inició con un diagnóstico previo del lugar para determinar los puntos de muestreo de agua de mayor importancia, una vez establecidos se evaluaron los análisis considerados en el ICA: Coliformes fecales, pH, DBO_5, fosfatos, nitratos, temperatura, turbidez, sólidos totales disueltos (TDS) y oxígeno disuelto (OD), mismos que permitieron identificar de manera precisa la calidad del agua del ecosistema páramo del PNCCa, que en este caso se obtuvo un valor de 73,46 en la escala de Brown, considerada como buena, este dato se validó con el programa Water Research encontrando los mismos valores. Debemos mencionar que la zona media donde existe el bosque de pinos arrojó un valor ICA de 70,05 en la misma escala, considerada como regular, lo que evidencia la afectación de la calidad del agua debido a la presencia de esta especie.

Palabras clave: Índice de Calidad del agua (ICA), Parque Nacional Cotacachi Cayapas (PNCCa), Pinos,

ABSTRACT

The moorlands of Ecuador are considered of utmost importance because they regulate water cycles, as well as being formed by a great variety of biodiversity, currently they are affected by the introduction of forest species which have been harmful to the ecosystem, The present study was based on determining the quality of water found in the Morochos moorland of the Cotacachi Cayapas National Park (PNCCa) taking into account the analysis of different factors such as ecological flows, physical, chemical and microbiological characterization of the water, compounds derived from the presence of pine trees on the site such as fats: oils and terpenic compounds as well as the ICA (Water Quality Index) in this way we were able to respond to all the objectives set.

The research began with a previous diagnosis of the site to determine the most important water sampling points. Once established, the analyses considered in the AQI were evaluated: fecal coliforms, pH, BOD5, phosphates, nitrates, temperature, turbidity, total dissolved solids (TDS) and dissolved oxygen (DO), which allowed us to precisely identify the water quality of the moorland ecosystem of the PNCCa, which in this case was obtained with a value of 73,46. This data was validated with the Water Research program and the same values were found. We should mention that the middle zone where the pine forest exists yielded an AQI value of 70,05 considered as regular, which shows the affectation of the water quality due to the presence of this species.

Keywords: National Park Cotacachi Cayapas (PNCCa), Pines trees, Water Quality Index (WQI)

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El páramo es uno de los ecosistemas más importantes y frágiles que ayudan a conservar el buen estado del agua, debido a que la regulan y mantienen limpia (Mena, 2010), es por esta razón que se busca conocer las características del sistema hídrico existente dentro del Parque Nacional Cotacachi Cayapas (PNNCa), y así poder determinar los cambios que producen los pinos (*Pinus radiata y Pinus patula)* en la calidad de agua durante el recorrido dentro del bosque, hasta el momento que llega a la comunidad de Morochos, cabe mencionar que dicho trabajo se realizó con el apoyo del Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológico (MAATE).

Las especies de *Pinus radiata y Pinus patula* fueron introducidas aproximadamente en el año de 1980, con el pasar del tiempo han causado varios impactos tanto al sistema hídrico como al suelo, y biodiversidad presente, según Ruiz, (2014) los pinos absorben grandes cantidades de agua, por lo que, produce que el suelo llegue a secarse, por ende que exista una reducción considerable de los caudales, cabe mencionar que dichas especies forestales llegan cambiar la calidad de la misma, causando efectos negativos considerables en las Áreas Protegidas (Puente et al., 2019). Es así como dentro de esta área por parte del MAATE se propone realizar un plan de restauración ambiental en donde la especie que predomine sea la paja (*Setaria parviflora),* dado que esta flora es endémica de los páramos (Ayoví et al., 2019).

Está investigación se realizó debido a que en los últimos años se han generado varios conflictos entre la comunidad de Morochos y el Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológico (MAATE) ya que, según mencionan los habitantes del lugar en una entrevista brindada al diario LA HORA, (2020) “en los páramos hay una gran reducción de los caudales de agua, lo cual se dio por la introducción de los pinos, donde anteriormente únicamente existía pajonal”, es por esta razón que con el presente estudio se pretende dar a conocer a la comunidad si lo anteriormente mencionado está o no afectando al agua de las vertientes que existen dentro del Parque Nacional.

CAPÍTULO II

OBJETIVOS

2.1.Objetivo general

Evaluar la influencia e impactos que ejercen las plantaciones de pinos en el sistema hídrico del ecosistema páramo, del Parque Nacional Cotacachi Cayapas (PNCCa).

2.2.Objetivos específicos

- Determinar mediante análisis físicos, químicos y microbiológicos el índice de calidad del agua, antes y después del bosque, para el establecimiento de la influencia de los pinos sobre las características de este recurso.
- Establecer mediante técnicas analíticas la presencia de sustancias provenientes de las acículas de pino, que podrían solubilizarse en el agua del PNCCa alterando su calidad.
- Determinar la influencia e impacto del bosque de pinos sobre el recurso agua, mediante la evaluación de los caudales ecológicos de la micro cuenca que atraviesa por el sector en el PNCCa.

2.3.Pregunta directriz

¿La plantación de pino que se encuentra en el páramo de Morochos afecta directamente la calidad y cantidad de agua del PNCCa?

CAPÍTULO III

ESTADO DEL ARTE

3.1. Los páramos

Los páramos son todos aquellos sitios que se encuentran formando gran parte de una eco-región neotropical, que según Hofstede, Calles, López, Palonco, Torres, Ulloa, Vásquez, y Cerra, (2014) mencionan que estos " se encuentran distribuidos en los Andes ecuatorianos, atravesando Perú, Ecuador, Colombia y Venezuela, con unas extensiones que van hasta Costa Rica y Panamá". Cabe mencionar que estos ecosistemas son de gran importancia, ya que, estos brindan a toda la sociedad los servicios fundamentales para poder vivir, siendo el de mayor importancia el recurso agua, de la misma manera se toma a consideración que dentro de los páramos se pueden llegar a encontrar pueblos indígenas, aunque, debido al aumento de la población se ha llegado a perder una gran parte de los páramos por el mayor número de asentamientos humanas en dicho lugar, llegando a deteriorarlo (Hofstede, Mena., 2003).

Según Camacho (2013): los páramos son ecosistemas que contienen gran biodiversidad, así como fuentes de recursos naturales, siendo los más importantes el agua y el suelo, los cuales ocupan papeles fundamentales para el ambiente.

3.1.1. Los páramos ecuatorianos

Los páramos ecuatorianos se encuentran entre las costas aproximadamente a 3200 y 4700 metros sobre el nivel del mar (ms.n.m.), la mayor parte de los páramos ecuatorianos son considerados húmedos, por lo que, en ellos se encuentran valores de entre 500 y 2000 mm de precipitación anual, normalmente la cordillera Central recibe mayor cantidad de lluvias que la Occidental. Los páramos ecuatorianos son homogéneos, por lo tanto, producen una gran cantidad de microclimas y por ende zonas de vida, es así como se describen 3 categorías de páramo que son páramo inferior en donde se encuentra la zona de pajonal aproximadamente está entre 3200 y 4000 ms.n.m., páramo medio a una altura de entre 4000 ~~y~~ 4500 ms.n.m. y por último el páramo

superior encontrándose a una altura sobre los 4500 ms.n.m. Tomando en cuenta que los más importantes son los páramos inferior y medio (Camacho, 2013).

3.1.2. Importancia de los páramos

De acuerdo a Camacho (2013), los páramos son de suma importancia, ya que, cumplen diversas funciones como son:

- Poseen gran importancia de valor científico, así como también ecológico, lo cual se debe a la gran diversidad de flora y fauna que se encuentra dentro del mismo, de la misma manera debemos mencionar que poseen una gran belleza paisajística, lo que quiere decir que ofrece vistas únicas en sus alrededores.
- Dentro de estos se puede llegar a desempeñar diversos trabajos como pueden ser las producciones agrícolas, pecuarias, así como también forestales lo cual sirve para su aprovechamiento, por ende, a mejorar la estabilidad económica de las personas de las comunidades aledañas a los páramos.
- Aunque se debe mencionar que una de las funciones de mayor importancia es que pueden ayudar a regular el agua, las cuales que finalmente son usadas para consumo humano, riego o también para generar energía la cual sirve para toda la sociedad.

3.1.3. El agua en el páramo

La precipitación que se da en los páramos es de moderada a alta, pero el ingreso real de agua en este sistema es significativamente alta, sin embargo el consumo del agua dentro de los páramos es de baja evaporación pese a la radiación, debido a la baja evapotranspiración existe una gran cantidad de agua en los mismos, los cuales son descargados en los diferentes riachuelos presentes en su entorno, así mismo los páramos provee varios servicios ambientales para toda la población, por lo que debemos mencionar que los páramos son excelentes abastecedores para las diferentes regiones de la zona Andina tanto de Colombia como de Ecuador mientras que en Venezuela y Perú se abastece de igual manera pero en menor cantidad, el agua de los páramos está destinada principalmente para las ciudades y la zona agrícola e industrial, en algunos casos esta agua es usada en las pequeñas plantas hidroeléctricas (Buytaert, et al., s. f.).

3.1.4. Regulación hídrica

Los páramos presentan grandes cantidades de materia orgánica en sus suelos, lo que permite que el agua pueda ser captada cuando esta es producto de las precipitaciones, esta agua finalmente es acumulada en el suelo para posterior a esto ser expulsada de manera lenta hacia los ríos, manantiales, riachuelos y hasta en las lagunas, cabe mencionar que el agua que ingresa a los páramos lo hace en forma de precipitación vertical, lo que quiere decir que es como lluvia o nieve, otra de las maneras en que el agua puede entrar a los páramos es en forma de precipitación horizontal, esto quiere decir que el agua que se encuentra contenida por la neblina es interceptada por la vegetación presente en dichos lugares (Llambí, Soto-W, De Bievre, Ochoa, y Borja, 2012).

3.1.5. Efectos que ocasionan los pinos al agua en los páramos

Las especies forestales introducidas afectan de manera considerable el agua de los páramos a diferencia de la vegetación nativa, esto se da porque estos árboles consumen grandes cantidades de agua, en esto se debe mencionar que aquí en Ecuador se realizó una política la cual se basa en evitar afectar a las zonas de páramos de donde generalmente proviene el agua (iAgua, 2017).

Cuando se introduce especies como los pinos a ecosistemas frágiles como los páramos, estos se convierten en verdaderos problemas, debido a que estos generan grandes impactos, siendo uno de ellos la pérdida de las especies vegetales endémicas, lo que se ha podido observar en el páramo del Cotopaxi, para lo cual se toma en cuenta que la introducción de estas especies han llegado a afectar de una manera sumamente considerable el balance normal, no debemos olvidar que el Parque Nacional Cotopaxi contiene gran cantidad del recurso agua, el mismo representa uno de los reservorios más importantes de este recurso en la zona central del país, cabe mencionar que durante el desarrollo de los pinos estos absorben cada vez mayor cantidad de agua, por lo que, esta disminuye de manera considerable los caudales ecológicos del agua (Hofstede, Coppus, Vásconez, Segarra y Wolf, 2002).

Las plantaciones de las especies tanto de *Pinus* como *Cupressus* aparentemente consumen un 60 o 70% de agua mientras están en su proceso de evolución o crecimiento provocando de esta

manera que los suelos se vuelvan mucho más secos, lo que provoca que la materia orgánica reduzca de manera considerable, esto hace que disminuya la retención de agua llegando a alterar la calidad del agua que se encuentra en los páramos (Ruiz, 2014).

De acuerdo a Carrasco y Guzmán (2011), podemos mencionar varios impactos negativos que son generados por parte de los pinos en los páramos como son:

- Los páramos sufren una gran transformación, como, por ejemplo, cambia la estructura del mismo y también de las funciones que realizan, sobre todo la función hídrica que estos poseen.
- Cuando existe siembras de pinos en los páramos, los suelos del lugar empiezan a tornarse más secos, esto se debe a que los mismos absorben grandes cantidades de agua, lo que provoca que la cantidad de materia orgánica se reduzca, por ende, los suelos se vuelven más ácidos, así como también más gruesos.
- Se puede observar de igual manera que el número de especies vegetales endémicas se reducen, debido a que al ser esta una especie alta y que de igual manera absorbe los nutrientes, evita que la vegetación nativa pueda desarrollarse con facilidad.

3.2. El agua

El agua es uno de los recursos más importantes para la vida, cabe mencionar que es un objeto de estudio a nivel mundial, debido a que, presenta varios factores físicos, químicos y biológicos los cuales se van investigado día a día; es un recurso totalmente indispensable para todo tipo de actividades cotidianas que se realizan diariamente por parte de la población (Díaz, Esteller, y López, 2005).

Este recurso lleva consigo presente características que lo hacen único, por lo que, ha sido muy estudiado durante muchos años, sin embargo, no ha sido del todo entendido hasta nuestros días, el agua es un factor muy importante que puede transportar varios nutrientes, los factores presentes son de suma importancia para la conservación tanto de la vida silvestre como acuática, dado que, dentro de este ecosistema se desarrollan muchos organismos vivos, los cuales al enfrentarse a cambios bruscos pueden llegar a desaparecer, debido a que, no pueden adaptarse

con facilidad, entre estos organismos tenemos a las plantas, animales y microorganismos (Auge y Camacho, 2007).

En todo caso se debe hablar que el agua tiene una gran capacidad para poder absorber grandes cantidades de sustancias, posee una buena capacidad calorífica; es por esta razón y por ayuda de su calor latente que cuando esta llega a evaporarse posee una gran importancia, debido a que, de esta manera logra regular el clima dentro del planeta (García, 2013).

3.2.1. Características físico-químicas del agua

Entre las características físico-químicas más importantes del agua se encuentran la temperatura, color, olor-sabor (Marín, 2015), mismas que se detallan a continuación:

- Temperatura

La temperatura es establecida por la absorción de la radiación en la parte superior de dicho líquido, cabe destacar que las variaciones de la misma afectan la solubilidad de las sales, aumentando de esta manera los sólidos disueltos totales (TDS) y disminuyendo los gases; las aguas profundas como los embalses y lagos, mismos que experimentan dos períodos, uno que es conocido como mezcla térmica o que tiene temperatura similar en profundidad y otro de estratificación térmica, lo que quiere decir que posee aguas más calientes en superficie y más frías en el fondo, en cambio en la temperatura de las aguas subterráneas depende mucho del terreno, naturaleza de las rocas, profundidad de la surgencia y fenómenos magmáticos que puedan existir (Jiménez y Barba, 2011).

- Color

El color de esta se debe principalmente a las diferentes sustancias que se encuentran en suspensión o disueltas en ella como pueden ser materias orgánicas las cuales provienen de las descomposiciones vegetales y de otro tipo de productos orgánicos que presentan coloraciones amarillentas, de igual manera, esto se debe a la presencia de diferentes sales solubles de hierro y manganeso, lo que da el color característico al agua. Cabe mencionar que aquí se divide en dos tipos de colores los cuales son conocidos como color aparente y color verdadero, siendo el aparente aquel que es producto de solidos no naturales que llegan a interferir con la calidad, en cambio el color verdadero es aquel que se da por materia suspendida misma que es propia del agua (Chang, 2013).

- Olor-Sabor

Estas dos propiedades son organolépticas, es decir, son aquellas que se puede determinar a simple vista o probándolas, aunque no existe algún equipo en específico que permita medir estos factores. Tanto los olores como los sabores provienen de dos orígenes que son naturales, los cuales incluyen gases, sales, compuestos orgánicos e inorgánicos y también de compuestos que provienen de actividades vitales de todos los organismos acuáticos. Sin embargo, se debe tomar en cuenta estas propiedades pueden ser definidas principalmente por las que son de origen artificial, ya que, así permite conocer de mejor manera si existe algún problema en la calidad de la misma, así mismo, el sabor puede ser determinado por la presencia de algas verdes-azuladas, mismas que producen sabores a podrido, mientras que las que son únicamente verdes presentan sabores a hierba (Calderón y Orellana, 2015).

- Turbidez

Otro de los parámetros es la turbidez-transparencia, la cual se da por la presencia de residuos sólidos en el agua, estas partículas pueden ser de entre 10 nm - 0,1 mm dicha turbiedad proviene de varios factores como son erosión de los suelos y rocas, las cuales contienen pequeñas cantidades de materia orgánica, así mismo, la escorrentía que se da por las lluvias que son ricas en materias minerales los cuales son los factores que alteran la turbidez en los cuerpos de agua.

Cabe mencionar que la turbidez reduce la sedimentación que se da de manera natural (Marín, 2015).

- Conductividad

La conductividad es otro de los parámetros que se puede determinar en las características presentes en el agua, misma que, para su resultado influyen directamente el drenaje de los terrenos cercanos, así como también la composición de los minerales presentes en el agua, los gases disueltos y el pH (Solís, Zúñiga, y Mora, 2017).

- pH

El valor del pH en las aguas superficiales se encuentra entre 6 - 8,5 mientras que las subterráneas suelen ser más ácidas, aunque este varía cíclicamente, disminuyendo según la profundidad de la misma, aunque en aguas que poseen gran cantidad de fitoplancton normalmente su pH se encuentra en valores > 9 mientras que en las zonas profundas su pH es más bajo con un valor de 6,5 o inferior a este (Azcona y González, 2013).

- Oxígeno

La solubilidad de este parámetro depende principalmente de diferentes factores que son temperatura, presión, agitación del agua, contenido salino y consumo-producción que se da por parte de los organismos acuáticos, normalmente las aguas superficiales suelen tener resultados > 7-8 $mg.L^{1}$, mientras que en el fondo estas suelen ser anóxicas, es decir, que no tienen presencia de oxígeno (Peña, 2007).

3.3. Índice de Calidad de Agua (ICA)

El índice de calidad de agua puede ser muy bien entendido como el estudio de la naturaleza de la misma, lo que quiere decir, los parámetros físicos, químicos y biológicos, los cuales se encuentran en relación con la calidad natural, los efectos humanos y de igual manera por los usos que posteriormente se le pueda dar (Martínez, 2012).

En términos simples el ICA es un número único con el cual se puede llegar a describir la calidad del recurso hídrico, es decir, del agua por medio de la integración de los datos de determinados parámetros de la calidad de agua, cabe mencionar que su uso se hace cada vez más popular para así poder determinar los cambios en la calidad de la misma (Rubio, Ortiz, Quintana, Saucedo, Ochoa, y Rey, 2014).

3.3.1. Ventajas del ICA

- Ayuda a demostrar las variaciones que se ha dado en la calidad del agua.
- Método que puede ayudar a expresar lo importante que pueden ser los datos generados dentro de un laboratorio, posteriores a su análisis.
- Son útiles para poder realizar el estudio de la calidad del agua presente en un lugar determinado, y de esta manera establecer los usos que se le puedan dar.
- Dan importancia al estudio de la calidad de agua de la manera más precisa.
- Permiten que se pueda mejorar la comunicación entre las personas para de esta manera generar una mayor conciencia sobre el cuidado del agua.

3.3.2. Limitaciones del ICA

Según Torres, Cruz, y Patiño, (2009) muestran las siguientes limitaciones que se dan con el ICA:

- Dan únicamente un resumen de los datos a estudiar.
- No brindan información que se encuentre completa acerca de la calidad del agua.
- Incapaces de estudiar los riesgos que se pueden encontrar dentro del agua.
- No tienen la capacidad de conectarse con otras aplicaciones, es decir, no son de aplicación universal, dado que, presentan vatios condiciones ambientales, las cuales pueden encontrarse en las cuencas de una región a otra.

3.4. Efecto de las plantaciones de pinos en los diferentes lugares

En estudios realizados en diferentes partes del mundo como Chile, Colombia, aquí mismo en Ecuador se ha podido determinar que las especies forestales de género *pinus* generan varios daños ambientales que son la esterilización del suelo, disminución drástica de aguas subterráneas y la desecación de ríos, cabe mencionar, que con el tiempo esto empieza a tornarse más crítico y se ha podido comprobar con alrededor de 15 años de seguimiento realizado a una plantación, que muestra en ese lapso de tiempo que se redujo al menos en un 20% el caudal ecológico del agua que con un bosque natural (León y Suárez, 1996).

3.4.1. Efecto de las plantaciones de pino sobre el recurso agua en la cordillera de la costa de la región Biobío, Chile

Según estudios realizados en el sitio por parte de Huber, Mohr, y Frene, (2010) mencionan que las pérdidas de agua se dan en gran amplitud por parte de especies forestales como el pino, esta especie absorbe cerca de 20 litros diariamente del recurso hídrico, lo que influye de manera directa en los caudales de las cuencas.

3.4.2. Afectaciones de pinos en la producción hídrica de la quebrada Boyacogua

Los pinos en este lugar afectaron directamente al rendimiento hidrológico de las cuencas más pequeñas, estas especies fueron introducidas a finales de los años 70’s e inicios de los años 80’s, mismas que desde entonces no han sido tratadas de ninguna manera, el rendimiento hídrico en el lugar redujo en un 48 % a diferencia del cauce que se encuentra por los pastizales, cabe mencionar que en los pastizales que se encontraban pasando las plantaciones de los pinos de igual manera tenían una reducción de los caudales (Mojica, 2018).

3.4.3. Relación entre árboles y servicios hidrológicos en los Andes Tropicales

En algunos páramos del Ecuador en donde existe especies de pino como (*Pinus radiata y Pinus patula*) se ha registrado que la interacción del agua en el suelo se redujo de manera considerable, esto se debe a las que las raíces de estas especies son uniformes, densas y finas, por lo que, se extienden por todo el territorio donde se encuentran. Por ejemplo, la provincia de Cotopaxi que

se encuentra entre los 3000 y 3800 ms.n.m., por la introducción de estas especies se logró determinar que estos influyeron de manera directa en la retención de agua en los suelos, tomando en cuenta, que en el sistema páramo los niveles de agua son mucho más altos mientras que en el área de los pinos esta decrece, lo cual se da por la disminución de la materia orgánica (Cerrón, Del Castillo, Bonnesoeur, Peralvo, y Mathez-Stiefel, 2019).

3.4.4. Plantaciones forestales en los páramos de Colombia

Las plantaciones de las especies forestales poseen una tasa de crecimiento de un 67 % en comparación a las especies nativas de los páramos, es por ello, que necesitan grandes cantidades de agua lo que llega a intervenir en el proceso de la transpiración, en los diferentes páramos se ha logrado registrar un número más alto de las especies de pinos que de las especies del lugar. Así mismo, se da un daño drástico en la estructura del suelo, esto se da por la pérdida del recurso hídrico, se puede determinar que por la conexión existente entre las partículas minerales y orgánicas se llega a perder la capacidad de retención el agua en los suelos (Cabrera y Ramírez, 2014).

3.4.5. Plantaciones de pinos en los páramos de Azuay

Igual que en los anteriores casos estas fueron introducidas indebidamente, la mayoría de estos árboles poseen una edad que se encuentra entre los 8 - 15 años, sin embargo, no se les ha dado ningún tipo de cuidado, se ha podido determinar que en los lugares donde estos se encuentran los suelos se han vuelto sumamente pobres en materia orgánica, cabe mencionar que las especies de pino fueron establecidas con la finalidad de darles un aprovechamiento de madera, pese a esto han podido presenciar que esta especie no ha logrado desarrollarse del todo aunque si consume grandes cantidades de agua, llegando de esta manera a reducir la misma en aproximadamente un 50 %. (Gobierno Provincial del Azuay, 2015).

3.5. Comportamiento de las plantaciones de pinos frente a las plantas endémicas

Los pinos frente a las especies endémicas tienen un comportamiento completamente negativo, debido a que estos consumen gran cantidad de agua y nutrientes del suelo, lo que no permite

que las plantas puedan captar los mismos evitando así su desarrollo, de la misma manera, por la presencia de estos evitan que la luz pase por lo que no logran captar la luz y es ahí cuando estas tienen el problema para su crecimiento, esto se ha podido comprobar en ciertos lugares donde existe menor cantidad de bosque, que si se han logrado dispersar de manera natural las especies nativas (Aichholzer y Durán, 2010).

3.6. Componentes de las acículas del pino y sus propiedades físico químicas

En las coníferas se pueden encontrar principalmente terpenos y con ellos su división, los mismos que son usados para poder identificar las subespecies, así como también, conocer las variaciones geográficas de los mismos. De la misma manera se puede encontrar en estos ácidos grasos y resínicos, lo cual se debe a la estabilidad química que poseen. Cabe mencionar que en las acículas de los pinos se puede encontrar de forma agrupada diferentes quimiotipos, en un gramo de las acículas se puede encontrar; 2 mg de monoterpenos, 2.5 mg de sesquiterpenos, 1.4 mg de diterpenos neutros, 1.1 mg de ácidos grasos y 17 mg de ácidos resínicos, en total se pueden encontrar alrededor de 147 compuestos (Fernández, García, Cadahía, Arrabal y Cortijo, 2001).

3.7. Estudio de compuestos de las acículas de pinos en el agua

Los pinos generan compuestos como la resina, y al momento en que las hojas de los pinos se acumulan en el suelo sobre todo en época seca poseen un poder combustible que generan incendios dado que esta es considerada aceitosa, así mismo por medio de las acículas de los pinos que se llegan a acumular en el piso provoca que tanto en el suelo como en el agua exista un cambio significativo en las propiedades físicas químicas y biológicas, determinándose la presencia de quimiotipos, los cuales se encuentran agrupados de diferente manera como. Monoterpenos, sesqueterpenos, diterpenos, etc. (Mancheno, 2011).

CAPÍTULO IV

MATERIALES Y MÉTODOS

Para realizar los análisis de la calidad del agua que se encuentra en los Páramos de la Comunidad de Morochos del PNCCa se utilizó los materiales que se detallan a continuación (Tabla 1):

4.1.Materiales y Equipos

Tabla 1

Materiales, Equipos y Reactivos

MATERIALES	EQUIPOS	REACTIVOS
Frascos ámbar	Potenciómetro	NaOH (Hidróxido de sodio)
Frascos boeco	Conductímetro	Éter
Vasos de precipitación	GPS	Alcohol
Crisoles	Flowatch	Kit para analizar fosfatos
Lámpara de alcohol	Colorímetro	Kit para analizar nitratos
Balón de decantación	Oxímetro	
Desecador con silicagel	Mufla	
Placas petrifilm	Balanza analítica	
Muestras de agua	Computador	
Acículas de pino	Cámara fotográfica	

Elaborado por: La Autora

4.2.Métodos de investigación

En la presente investigación se utilizaron diferentes métodos entre los cuales tenemos descriptivo, observacional, práctico, comparativo y bibliográfico, esto con la finalidad de alcanzar los objetivos planteados que principalmente se enfocan en detallar de manera precisa la situación actual del sistema hídrico del páramo de Morochos del Parque Nacional Cotacachi Cayapas (PNCCa), específicamente el lugar en donde se encuentra el bosque de pinos

4.3.Localización del área de estudio

La investigación fue realizada en las cercanías del bosque de pinos ubicado dentro del Parque Nacional Cotacachi Cayapas (PNCCa) correspondiente a 44,27 hectáreas, que tiene como límites: al norte los terrenos comunales de Morales Chupa, al sur terrenos comunales de Cumbas, al este terrenos particulares de los comuneros de Morochos, y al oeste el PNCCa, está a una altura de 3650 ms.n.m. con coordenadas de X: 795659 Y: 10035897 (Puente, I. et al., 2018)

4.3.1. Ubicación geográfica del área de estudio

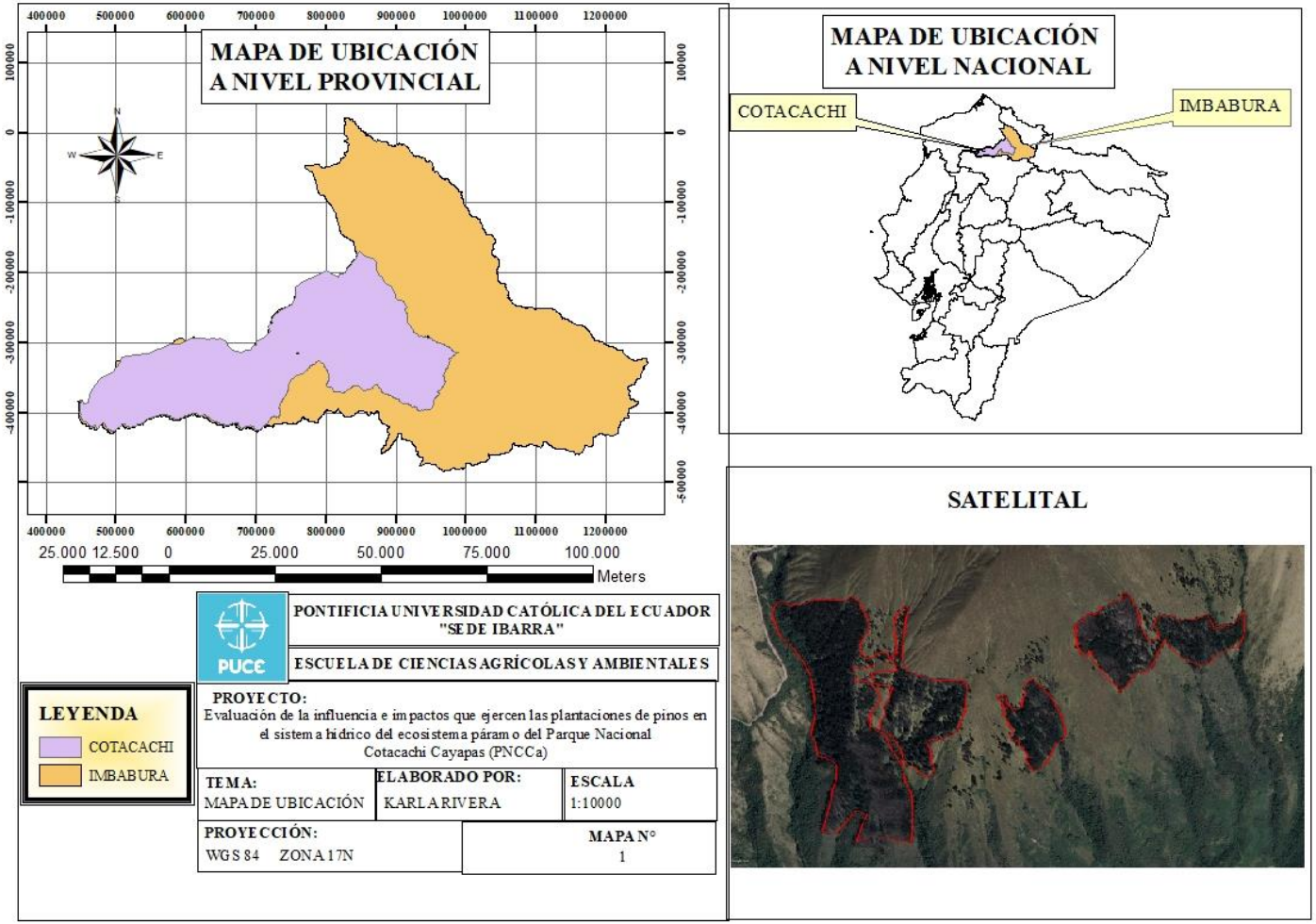


Figura 1: Mapa de ubicación zona de estudio bosque de pinos PNCCa. Elaborado por: La Autora

4.4.Diagnóstico y selección de puntos

Al inicio de la investigación se realizó una visita previa al bosque de pinos con la finalidad de determinar los puntos de muestreo a ser evaluados, para lo cual se consideraron 3 zonas de muestreo en 3 sitios diferentes en 3 salidas de campo, al final se obtuvo 9 muestras para su respectivo análisis, los puntos se encuentran antes, en medio y al final del bosque de pinos presentes en los páramos de Morochos ubicados en el Parque Nacional Cotacachi Cayapas (PNCCa), cabe mencionar que dichas muestras fueron tomadas en un lapso de 3 meses, mismas que posteriormente fueron evaluadas tanto de manera in-situ (Temperatura del agua, Temperatura ambiente, Sólidos Totales Disueltos, pH, Conductividad eléctrica, Salinidad, Caudal) como ex-situ (DBO_5, Oxígeno Disuelto, Turbiedad, Color, Grasas y Aceites, presencia de Terpenos, Coliformes Fecales, Nitratos y Fosfatos).

Seleccionados los puntos de muestreo en donde se consideró sobre todo lugares donde se ha dado cambios en el sistema hídrico del lugar, cabe mencionar que el bosque de pinos posee 2 especies diferentes *(Pinus patula* y *Pinus radiata)*, este se encuentra conformado por 5 tramos con las mismas características topográficas, en función de esta consideración, se realizaron las colectas de las muestras en el tramo más representativo y extenso, que se encuentra entre las coordenadas (17N 0795538-10036986; 17N 0795529-10034841) del lugar y contiene las quebradas por donde recorre este recurso hídrico hacia la comunidad de Morochos, de igual manera se consideró la metodología de Jobbágy, Acosta, y Nosetto, (2013, p.22) en donde mencionan que "se considera tomar las muestras en las microcuencas que se encuentran por los pastizales y también por medio de las plantaciones de pinos, así mismo, se debe determinar dichos puntos en donde sus condiciones topográficas y geológicas sean similares", es por ello que se tomó las muestras en las microcuencas presentes en el sitio

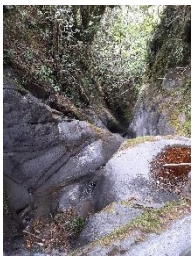
Con lo anteriormente detallado se puede observar en la (Tabla 2) las coordenadas de los lugares exactos en donde fueron tomadas las muestras, las cuales se encuentran entre los Páramos de Morochos parte alta, media y la Quebrada de Conrayaro que representa la parte baja del área de estudio.

Tabla 2:

Coordenadas de los puntos muestreados

PUNTO	DESCRIPCIÓN	X (UTM)	Y (UTM)	ALTITUD (ms.n.m.)	PUNTOS MUESTREADOS
M1T1	Páramo de Morochos parte Alta	0795538	10036986	3798	
M2T1		0795523	10036884	3789	
M3T1		0795424	10036681	3787	
M1T2	Páramo de Morochos parte Media	0794419	10034934	3461	
M2T2		0794423	10034559	3340	

Continuación de la tabla 2

M3T2		0795404	10034979	3385	
M1T3		0795423	10034942	3468	
M2T3	Quebrada Conrayaro, Páramo de Morochos parte Baja	0795475	10034596	3292	
M3T3		0795529	10034841	3343	

Elaborado por: La Autora

4.5.Toma de muestras

Se rotula los frascos que se destinaron para la colecta de las muestras, los cuales deben contener: sitio de muestreo, código y fecha de muestreo, se realiza la toma de la muestra en dirección opuesta al flujo del recurso hídrico, por lo cual, se opta por iniciar aguas abajo y luego arriba, para esto se consideró que la microcuenca tenga fluidez constante, el agua se debe recoger de la parte central donde no exista gran cantidad de turbulencia, esto porque en los márgenes de

los ríos el agua no se encuentra completamente mezclada por lo cual no se podrán obtener los resultados correctos de los análisis (Barreto, P, Espinoza y Leiva, 2009).

Las muestras se deben tomar en frascos de vidrio de preferencia de boca ancha, limpios y desinfectados, para el análisis de DBO_5 dichos recipientes se llenan hasta el aforo total (500 ml), las muestras se las colocaron en un cooler para mantenerlas refrigeradas mientras dura todo el muestreo y el traslado al laboratorio.

Una vez que terminamos de colectar las muestras, se las llevó al Laboratorio de Química, Suelos y Aguas, ubicado en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador "Sede Ibarra" (PUCE-SI), lugar donde se realizaron los respectivos análisis, el muestreo se hizo en los meses de febrero, marzo y abril de 2021

4.6.Parámetros evaluados

Para poder establecer la calidad de agua que atraviesa por el bosque de pinos del PNCCa se estudiaron los siguientes parámetros: pH, Temperatura (°C), TDS ($mg.L^{-1}$), Color (UC), Oxígeno Disuelto (OD %), Coliformes fecales (NMP/100 mL), DBO ($mg.L^{-1}$), Nitratos (NO_3 $mg.L^{-1}$), Fosfatos (PO4 $mg.L^{-1}$), los cuales permiten calcular de manera precisa el ICA (Rubio et al., 2014)

Así mismo se considera calcular Terpenos, Grasas y aceites ($mg.L^{-1}$), con la finalidad de conocer si existe presencia de dichos compuestos en el agua, mismos que pueden variar las características de la calidad del agua

Se determinó además el Caudal ($Q= m^3.s^{-1}$) ya que es uno de los principales factores que ayudan a determinar la cantidad de agua que tenemos en los diferentes puntos de muestreo, y así, obtener los cambios al final del estudio.

4.6.1. Análisis de los parámetros

Conductividad Eléctrica, Sólidos Totales Disueltos (TDS), Salinidad, Temperatura se consideró el uso del conductímetro ExStik II EC400 debido a que es un equipo multiparámetro.

- Conductividad eléctrica: Método potenciométrico (SMWW 2510 B)

Se enciende el conductímetro ExStik II EC400, lavamos el electrodo con abundante agua destilada, se calibra el equipo, selecciona el parámetro que ayuda a determinar la conductividad eléctrica, coloca el mismo en el agua y deja hasta que muestre el resultado mismo que dará en ($\mu S.cm^{-1}$), se registra dicho valor con 3 cifras significativas (Sanabria, Orjuela y Duque, 2006).

- Sólidos Totales Disueltos (TDS): Método potenciométrico (SMWW 2540 C)

Una vez que se termina con el análisis anteriormente mencionado presiona el botón MODE del conductímetro ExStik II EC400 el cual permitirá elegir el siguiente parámetro para poder determinar TDS, se lo calibra, coloca en el sitio donde se realiza la respectiva medición, una vez que el equipo da el resultado se lo registra con 3 cifras significativas (Perugachi, 2015).

- Salinidad: Método potenciométrico (SMWW 2520 A)

Presiona el botón MODE del conductímetro ExStik II EC400 hasta llegar al parámetro de Salinidad, se coloca en al agua a una profundidad de por lo menos 25 cm por debajo de la superficie, en el caso de que el análisis se realice extrayendo la muestra se debe colocar la sonda del mismo en la botella para lo cual se debe mantener una agitación constante con movimientos circulares y finalmente se registra el valor obtenido en el equipo (Vives, 2003).

Variación de Temperatura: Método potenciométrico (SMWW 2550 A)

La medición de la temperatura se realiza de manera in situ, es decir en el sitio del muestreo, la mejor manera para obtener estos resultados es ingresando directamente el equipo al cuerpo de agua, cabe mencionar que para esto debemos tomar en cuenta tanto la temperatura del agua, así como también la temperatura ambiente, misma que se la mide con ayuda de un anemómetro Kestrel para registrar la temperatura exacta, debido a que la misma influye de manera directa en la del agua (Vives, 2003).

- pH: Método potenciómetro (SMWW 4500-H B)

Para el análisis respectivo del pH se toma en cuenta el potenciómetro ExStik^{TM} pH Waterproof Meters Models PH100 & PH110, para lo cual se debe equilibrar el mismo entre los electrodos y la muestra por ello se procede a agitar la muestra y así homogeneizarla, la agitación debe ser lenta para de esta manera reducir el incremento de CO_2 (Afanador, Gaitán y Duque, 2007).

- Oxígeno disuelto: Método electrométrico (SMWW 4500-O A)

Se toma oxímetro Pro 20 y calibrarlo, una vez que lo hacemos, procede a ingresar la sonda del oxímetro directamente en el punto establecido para el muestreo y finalmente se realiza las lecturas correspondientes (Navarro, Gaitán, y Duque, 2007).

- Coliformes fecales: Método con placas petrifilm (AFNOR 3M-01/2-09/89C)

Para este caso según 3M Microbiology,(2006) se debe tomar una de las placas petrifilm, mismas que ya se encuentran preparadas, con ayuda de una micropipeta se adiciona 1 ml de la muestra en el centro, cerramos la cinta y se la esparce por toda la placa, se la deja reposar en la estufa por un lapso de 24 a 48 horas, una vez transcurrido dicho tiempo se procede a contabilizar las colonias que se han formado.

- Demanda Bioquímica de Oxígeno 5 días (DBO5) Método Respirométrico (SMWW 5210 A)

Para realizar este análisis se coloca la muestra dentro de una botella ámbar parcialmente llena, así mismo se coloca un agitador magnético dentro de la misma, adicional a esto se introduce un inóculo, el mismo que contiene una cantidad de bacterias que degradarán la materia, posterior a esto se adiciona un inhibidor de nitrificación para luego sellarlo con un caucho perforado, el mismo en el cual se adiciona hidróxido de sodio en forma de lentejillas, esta tapa ayuda a asegurar un cierre hermético de la botella al momento en el cual se ajusta el Oxitop VELP SCIENTIFICA que es aquel dispositivo que dará los datos diarios del cambio de presión mediante la pantalla que posee, las botellas se las lleva a una base magnética en una incubadora que se encuentre a temperatura constante durante cinco días (López, 2018).

- Turbidez: Método Nefelométrico de alta precisión (SMWW 2130 B)

Coloca en una celda de vidrio de 10 ml que se encuentre completamente limpia la muestra, se tapa y agita, es recomendable que dichos pasos se realicen 3 veces seguidas, adiciona cuidadosamente la muestra evitando que se formen burbujas, tapa el tubo y coloca en el portacelda del turbidímetro EXTECH Turbidity Meter TB400, espera por un tiempo determinado de 6'' antes de obtener el resultado final (Carpio, Coy y Duque, 2007).

A continuación, se indica la metodología para poder determinar nitratos y fosfatos que según el manual (LaMotte, s. f.)

- Nitratos (NO_3) (SMWW 4500-NO_3 B)

Según el (Método-064 Nitrate-N de Lamotte) Enciende el colorímetro, ingresa a TESTING MENU, en donde selecciona TODAS LAS PRUEBAS, posterior a esto se busca el código 065 Nitrate-TT, en el tubo (0290) coloca 10 ml de nuestra muestra, a continuación procede a escanear en blanco y también la muestra; luego de ello se saca el tubo que contiene la muestra a la cual se agrega una tableta de nitrato de grado espectrofotométrico (3881 A-H) triturada con ayuda de un mortero y un pistilo, tapa el tubo y agita 60 veces por minuto, esto se debe realizar

por un lapso de 2', se deja reposar por 5', luego de ello se coloca el tubo en la cámara del colorímetro, se cierra la tapa y escanea la muestra.

- Fosfatos (PO_4) (SMWW 4500-PO_4 C)

Según el Método 080 Fosfato ppb de Lamotte, se enciende el colorímetro, ingresa a TESTING MENU, selecciona TODAS LAS PRUEBAS, en este caso se debe elegir el código 080 Fosfato ppb, en un tubo (0290) coloca 10 ml de la muestra, posterior a esto se pone el tubo blanco en el colorímetro y procede a escanear, una vez que se haya escaneado la muestra se saca de la cámara, adiciona con una pipeta 1 m de reactivo de ácido fosfato, tapa y mezcla, seguido de esto, con la cuchara de 0.1 g una medida de reductor de fosfato, se tapa y agita hasta que todo el polvo se disuelva, deja reposar la muestra por 5'' para de esta manera revelar todo el color, cabe mencionar que si existen fosfatos en la muestra esta va a tomar un color azul, finalmente se escanea nuevamente, se procede a escanear la muestra, finalmente registra el resultado final.

- Grasas y aceites. Método de extracción por solventes, análogo (APHA 5520-B)

Vidales, Leos y Campos, (2010) muestran que para medir la cantidad de grasas y aceites se toma en cuenta lo siguiente: En primer lugar, se tara un crisol en la estufa a 105 ºC hasta que su peso no varíe con +/- 0,0005 g, dejar enfriar en el desecador con silicagel activa durante 15 minutos; se registra su peso, fijar en un sostén universal un aro de hierro, donde se coloca un balón de decantación con 100 ml de la muestra junto con 10 ml de éter de petróleo, tapar y agitar con cuidado; despresurizar, dejar reposar, cuando se observen claramente separadas las capas de aceites – grasas y el agua, se retira el agua excedente; la grasa se deja reposar en los vasos de vidrio de boca ancha previamente tarados, para que el éter evapore durante 3 horas y se procede a pesar, el valor obtenido de la diferencia de pesos y haciendo el cálculo con la siguiente formula se obtiene el resultado en $mg.L^{-1}$de grasas y aceites.

Cabe mencionar que para la obtención del resultado final de grasas y aceites se debe tomar en cuenta la siguiente fórmula:

Peso de vaso con muestra – Peso de vaso tarado vacío = Peso de grasas y aceites en $g.ml^{-1}$

$$\frac{1000000}{peso\ de\ grasas\ y\ aceites\ en\ g * ml\ muestra} = mg.l^{-1} aceites\ y\ grasas$$

- Color: Método colorimétrico (SMWW 2120 D)

Reisancho, (2009) indica que para analizar el color se necesita el colorímetro La Motte SMART3 COLORIMETER, para analizar este parámetro se debe tomar un poco de la muestra, homogeneizar en uno de los frascos que tiene el colorímetro que es para las muestras, se debe analizar primeramente el blanco, es decir, el que está preparado con agua destilada, después de esto una vez que se haya homogeneizado tres veces el frasco de la muestra procede a medir el color y su valor da en Unidades por Color (UC).

- Determinación de Caudal (Método de aforo con molinete)

Según Pozo, (2011) Para la determinación del caudal (Q) se realizó con ayuda de un molinete FLOWATCH SWISSMADE, el cual da el resultado de la velocidad de corriente en ($m.s^{-1}$), de igual manera se menciona que este equipo arroja el valor de la temperatura en (°C), el dato del caudal se obtiene mediante una fórmula que será detallada a continuación:

$$Q = A * v$$

Q= Caudal ($m^3.s^{-1}$)

A= Área (m^2)

V= Velocidad ($m.s^{-1}$)

Como se puede observar los mismos se utilizaron de la siguiente manera con los datos obtenidos en campo:

Q= Caudal ($m^3.s^{-1}$) este valor se determina con la multiplicación del área con la velocidad.

A= Área (m^2) para el área se toma en cuenta la profundidad y el ancho del riachuelo de donde tomamos la muestra por ejemplo en el primer caudal se obtuvo los siguientes valores para determinar el área 0.5 m ancho de la vertiente y 0.3 m profundidad de la misma.

V= Velocidad ($m.s^{-1}$) medimos con ayuda del molinete.

Conociendo esto sustituimos los valores en la fórmula anteriormente planteada

$$Q1 = A\ (0{,}5 * 0{,}3) * v\ 0{,}3 = 0{,}045\ \ m^3.s^{-1}$$

- Terpenos: Prueba de Libermann-Buchard (esteroidales y triterpenos)

Según (Salazar y Jaime, 2010) para poder determinar de manera correcta los terpenos en el agua se considerar que se debe evaporar a sequedad una porción de extracto etanólico, este extracto se lo coloca en una cápsula de porcelana, luego procede a colocar unas gotas de reactivo para analizar terpenos, mismo que es recomendable que esté recién preparado, dicho reactivo debe contener anhídrido acético-ácido sulfúrico-cloroformo (10:1:25) V/V, cuando ya esté preparado se debe dejar reaccionar alrededor de 1 a 2 minutos; en caso de que las muestras sean positivas a terpeno tendrán una coloración de rojo, morado o azul.

Para poder realizar la comparación pertinente se debe tomar en cuenta una muestra testigo, en donde se debe colocar 100 ml de alcohol y una porción de acículas de pino (100 g), podemos observar que la misma posee un color rojizo al momento de colocar el reactivo



Figura 2: Muestra testigo

4.7.Determinación del Índice de Calidad del Agua (ICA)

Una vez analizados los parámetros se debe realizar una comparación con la tabla ICA que fue establecida por Brown, en donde explica los parámetros del ICA más importantes que deben ser estudiados en cuanto a la calidad del agua. (Caho y López, 2017)

4.7.1. Parámetros ICA que determina la calidad del agua establecidos por Brown

"Los parámetros que fueron establecidos por Brown para poder considerar la buena calidad del agua son 9" (León, 2018, p.16), los cuales los detallaremos a continuación en la siguiente tabla

Tabla 3

Parámetros ICA establecidos por Brown

Parámetros	**Unidades de medida**
Coliformes fecales	NPM/100 ml
pH	unidades de pH
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5 días (DBO5)	$mg.L^{-1}$
Nitratos (NO3)	$mg.L^{-1}$
Fosfatos (PO4)	$mg.L^{-1}$
Cambio de Temperatura	°C
Turbidez	NTU
Sólidos Disueltos Totales (TDS)	$mg.L^{-1}$
Oxígeno Disuelto (OD)	% saturación

Fuente: (Caho y López, 2017)

4.7.2. Estimación del Índice de Calidad del Agua

Una vez que se tiene los resultados de todos los parámetros que determinan la Calidad del Agua se debe realizar los respectivos cálculos, es así como Torres, (2019) indica la evaluación numérica ICA que posee técnicas multiplicativas y ponderadas se debe a Brown y McCleland (1973) la cual se obtiene a partir de la siguiente fórmula

$$ICA = \sum_{I=1}^{9} (SUB_I * w_I)$$

En donde se considera que:

- W_i son pesos específicos asignados a cada parámetro, en donde son ponderados entre 0 y 1 en donde se debe tomar en cuenta que la sumatoria debe ser igual a 1.
- Sub_i es considerada la calidad del parámetro, sobre todo en función de la concentración, cuya calificación debe estar entre 0 y 100.

Para finalizar el cálculo del ICA da un resultado que se encuentra entre 0 y 100 el cual es adimensional, ayuda a determinar la calidad de la misma y así poder clasificarla.

4.7.3. Pesos relativos del parámetro ICA

Tabla 4:

Pesos relativos del ICA

i	**Sub i**	**Wi**
1	Coliformes fecales	0.15
2	pH	0.12
3	DBO5	0.10
4	NO3	0.10
5	PO4	0.10
6	T°	0.10
7	Turbidez	0.08
8	STD	0.08
9	OD	0.17

Fuente: (Torres et al., 2009)

Una vez que se obtienen los resultados respectivos se procede a realizar la clasificación de la misma, por medio de la siguiente tabla, donde se detalla el valor de la misma.

Tabla 5:

Clasificación ICA

Calidad de Agua	Color	Valor
Excelente		91-100
Buena		71-90
Regular		51-70
Mala		26-50
Pésima		0-25

Fuente: (Torres et al., 2009, p.19)

Para poder realizar la estimación ICA es necesario calcular con ayuda de los valores del Subi que se encuentran establecidos en las tablas ubicadas en los anexos del 46 al 59

Los cálculos ICA se compararon con los obtenidos del programa informático water research para validar los resultados obtenidos en las 3 zonas de estudio, y así determinar los cambios de las características que se han presentado a lo durante del trayecto.

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1.Ubicación de los puntos de muestreo

En el mapa que se adjunta a continuación se puede observar los lugares de muestreo ubicados en el páramo de Morochos del PNCCa, para lo cual se consideró los puntos antes, en medio y después de los pinos.

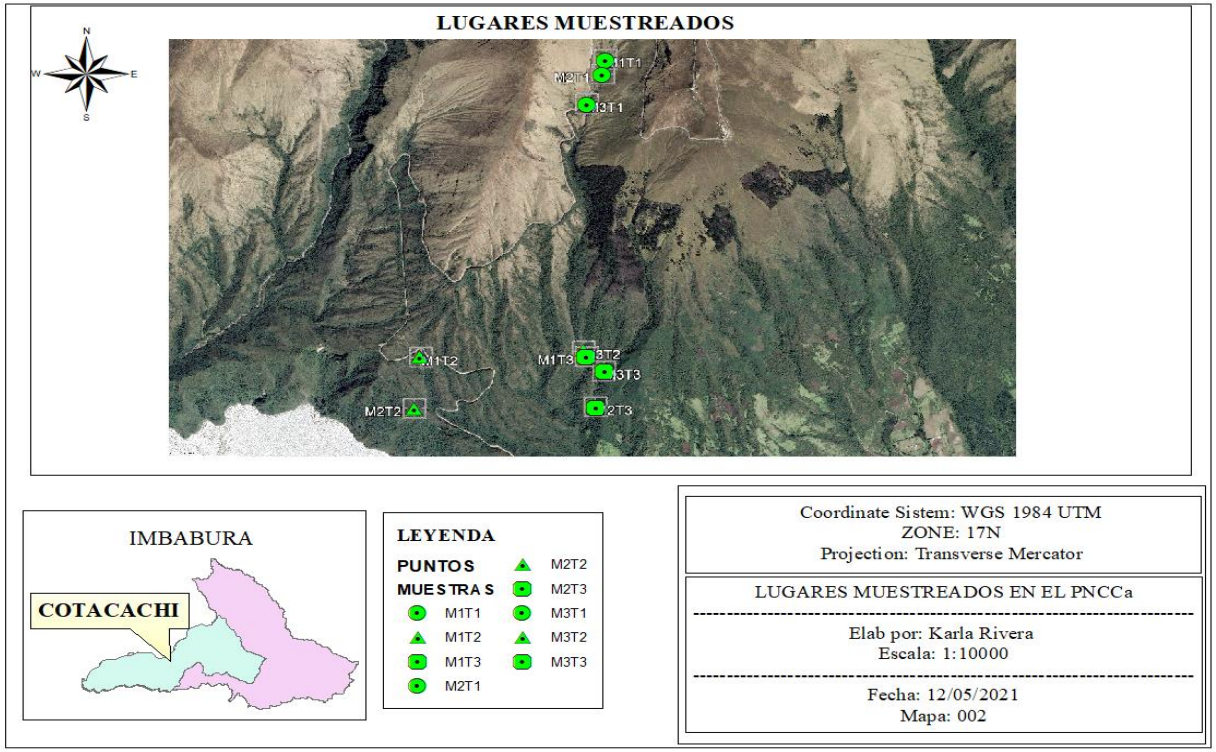


Figura 3: Ubicación de los puntos de muestreo. Elaborado por: La Autora

5.1.1. Rutas de las Zonas muestreadas en el Páramo de Morochos del PNCCa.

De la figura 4 a 6 se puede observar las rutas establecidas para la toma de muestras que se realizó, para lo cual se considera iniciar por la zona alta, lugar donde no existe presencia de pinos, media lugar donde se puede observar dicha especie forestal y baja, donde ya ha pasado por dicho bosque.

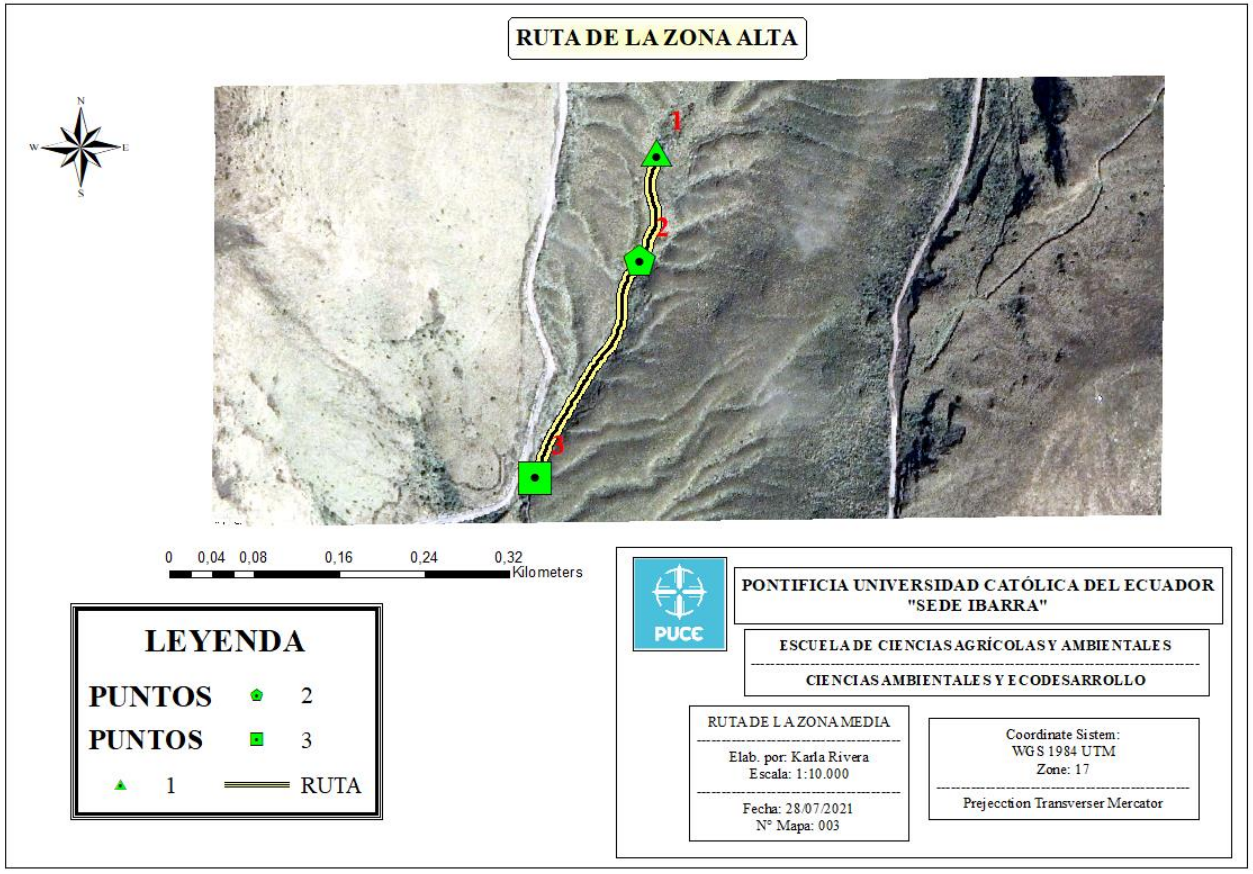


Figura 4: Ruta de muestreo de la Zona Alta. Elaborado por: La Autora

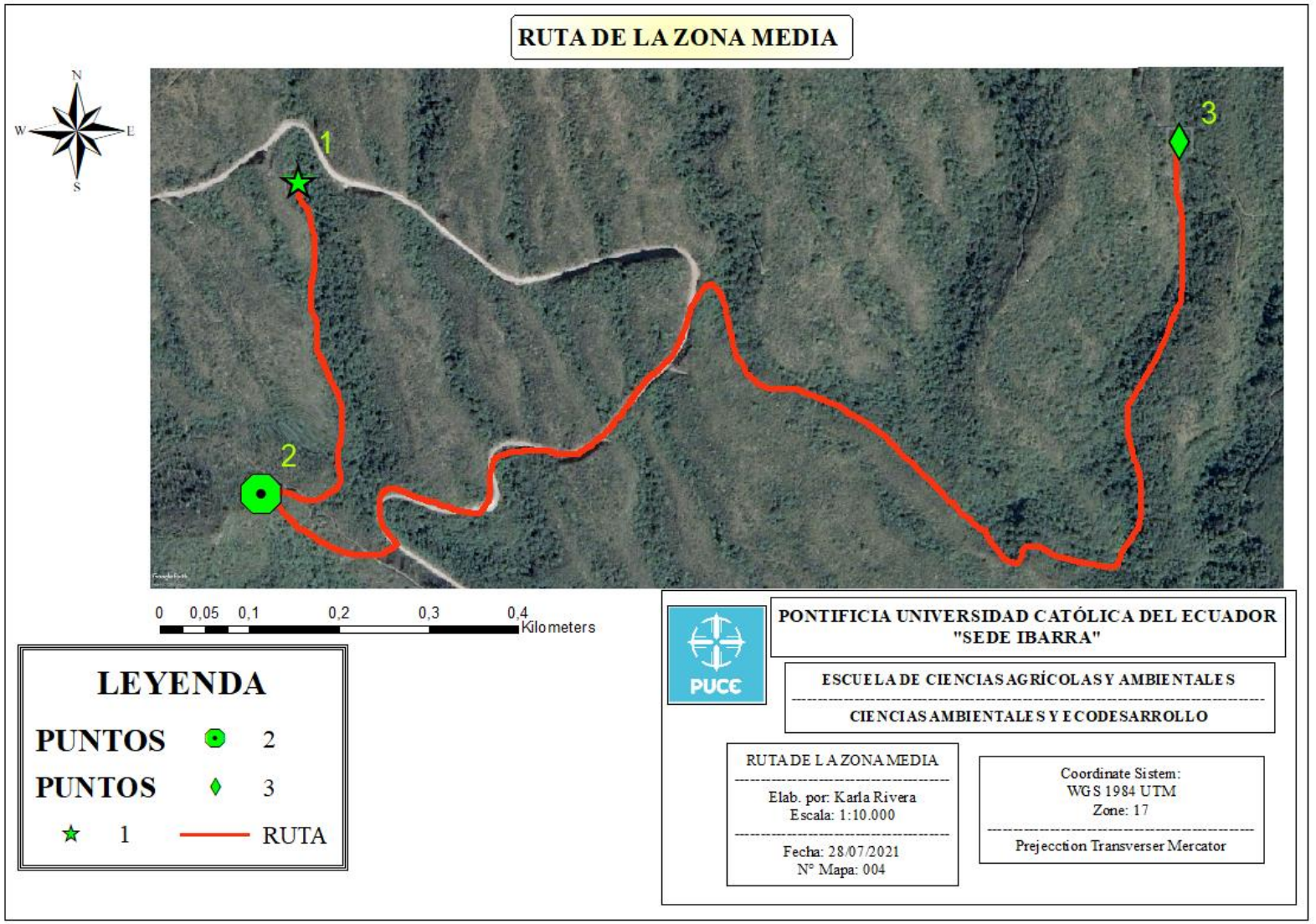


Figura 5: Ruta de muestreo de la Zona Media. Elaborado por: La Autora

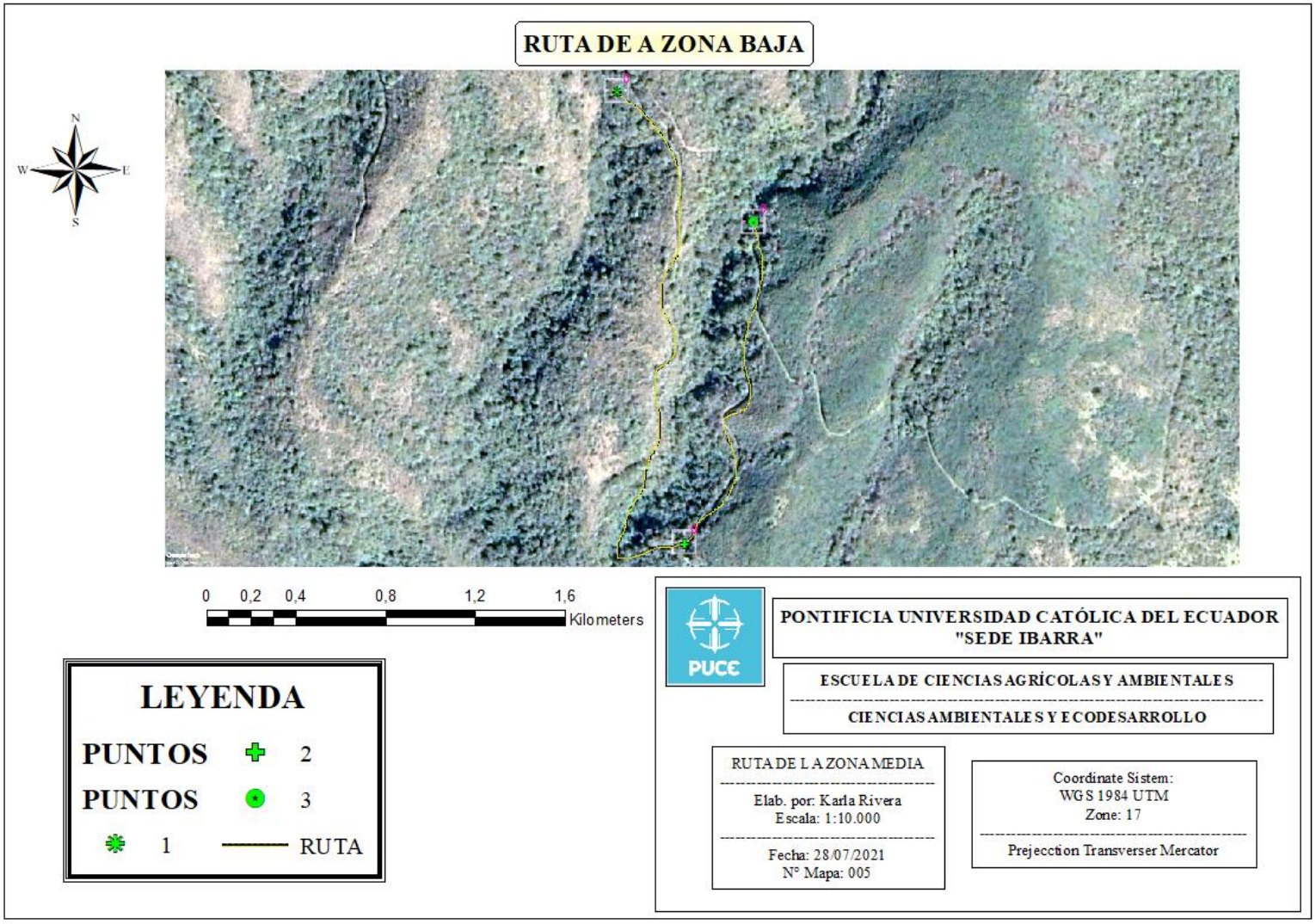


Figura 6: Ruta de la Zona Baja. Elaborado por: La Autora

5.2. Evaluación del Índice de calidad de Agua (ICA)

Para dar cumplimiento al objetivo 1: Determinar mediante análisis físicos, químicos y microbiológicos el índice de calidad del agua, antes, en medio y después del bosque, para el establecimiento de la influencia de los pinos sobre las características de este recurso, se requiere realizar las caracterizaciones de este recurso que a continuación se detallan:

5.2.1. Propiedades organolépticas.

A continuación, se presenta la información de las propiedades organolépticas que se pudieron evaluar en los muestreos realizados durante un trimestre:

Tabla 6

Resultados de las propiedades organolépticas

Parámetros	**Zona Alta**	**Zona Media**	**Zona Baja**
Olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor
Color	Amarillenta	Cristalina	Cristalina
Sabor	++	---	---
Sólidos suspendidos	+++	+	+

Elaborado por: La Autora

**calificativo de las propiedades organolépticas: (---) no se pudo determinar de manera personal (+) posee baja cantidad de sólidos (++) sabor agradable (+++) gran cantidad de (ss)*

Las propiedades organolépticas detalladas (tabla 6) dan una apreciación general de cómo se encuentra el agua en el entorno estudiado, en la zona alta las muestras tomadas presentan color amarillento y mayor cantidad de sólidos suspendidos (ss), mientras que en la zona media y baja son cristalinas y no poseen gran cantidad de sedimentos, cabe mencionar que en estos sitios el agua se mantiene en constante movimiento

5.2.2. Análisis de los parámetros físicos, químicos y biológicos

Tabla 7

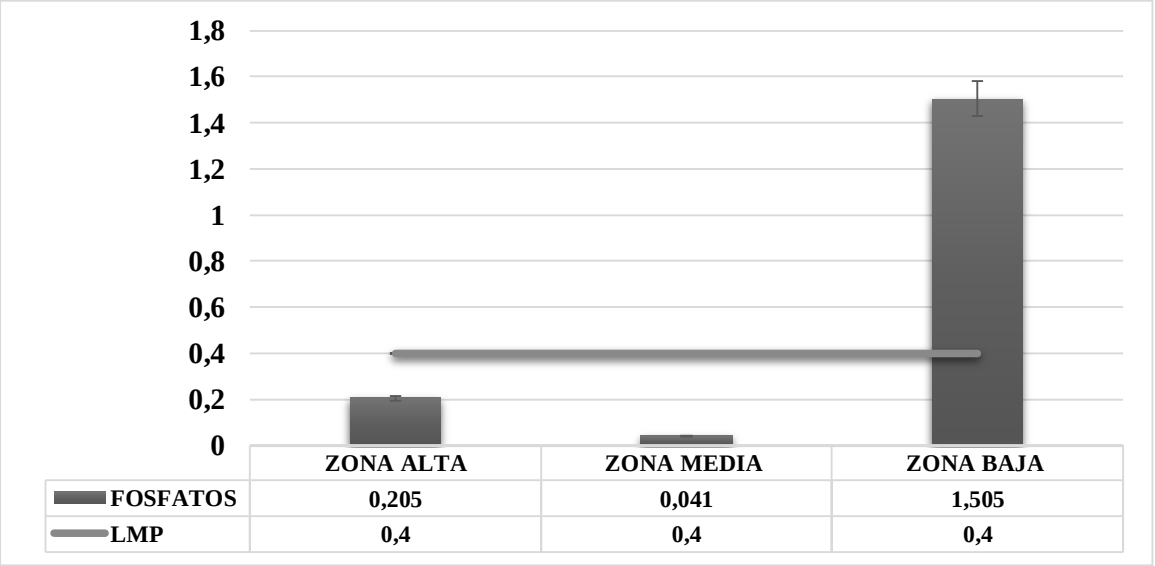
Resultados de las propiedades físicas, químicas y biológicas de las muestras de agua de las zonas en estudio

Parámetros	Unidad	Zona Alta	Zona Media	Zona Baja	LMP*
Coliformes Fecales	NMP/100mL	0,67	9,33	1,00	20
pH		7,08	6,61	7,07	6,5-9
DBO_5	$mg.l^{-1}$	6,33	7,67	7,33	20
Nitratos	$mg.l^{-1}$	0,27	0,00	0,00	0,2
Fosfatos	$mg.l^{-1}$	0,205	0,041	1,505	0,4
Temperatura	°C	7,8	8,63	8,17	+3
Turbidez	NTU	4,12	4,61	0,00	0-50
Sólidos Disueltos Totales	ppm	47,70	42,80	46,17	-
Oxígeno disuelto	%	35,57	61,07	70,83	>80
Conductividad eléctrica	$\mu s.cm^{-1}$	52,03	62,87	65,10	-
Salinidad	ppm	31,53	28,47	135,53	-
Color	UC	77,33	142,00	103,33	-
Coliformes Totales	NMP/100ml	48,33	27,67	5,33	-

Elaborado por: La Autora

**Límite máximo permisible (LMP) descritos en la tabla 2 de Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios Acuerdo Ministerial 097, (2015)*

Según los resultados obtenidos en los análisis realizados se pudo determinar que la mayor parte de los parámetros del ICA se encuentran dentro del LMP a diferencia de oxígeno disuelto y el fósforo, a continuación, se presenta las gráficas de los parámetros que se encuentran fuera del rango (figura 7- figura 8)



	ZONA ALTA	ZONA MEDIA	ZONA BAJA
FOSFATOS	0,205	0,041	1,505
LMP	0,4	0,4	0,4

Figura 7: Valores de fosfatos fuera de rango. Elaborado por la Autora

En el parámetro fósforo analizado en el agua se pudo determinar que en la zona baja existe una alteración del mismo, el cual, se encuentra por sobre el LMP que es 0,4 $mg.l^{-1}$, es así como se da por hecho que el bosque de pinos si llega a producir cambios en la calidad del agua, de acuerdo a un estudio realizado por Cruz et al.,(2016) en el páramo de Sayausí se obtuvo resultados de fosfatos altos, por lo cual, menciona que dicha especie forestal altera considerablemente la calidad del recurso hídrico, en donde tuvo las siguientes medidas de 4,59 en el área con presencia de pinos, mientras que, en el sitio donde ya el agua pasa por el bosque fue de 5,84, es decir, que esta variable examinada se dispersa con facilidad en el agua.

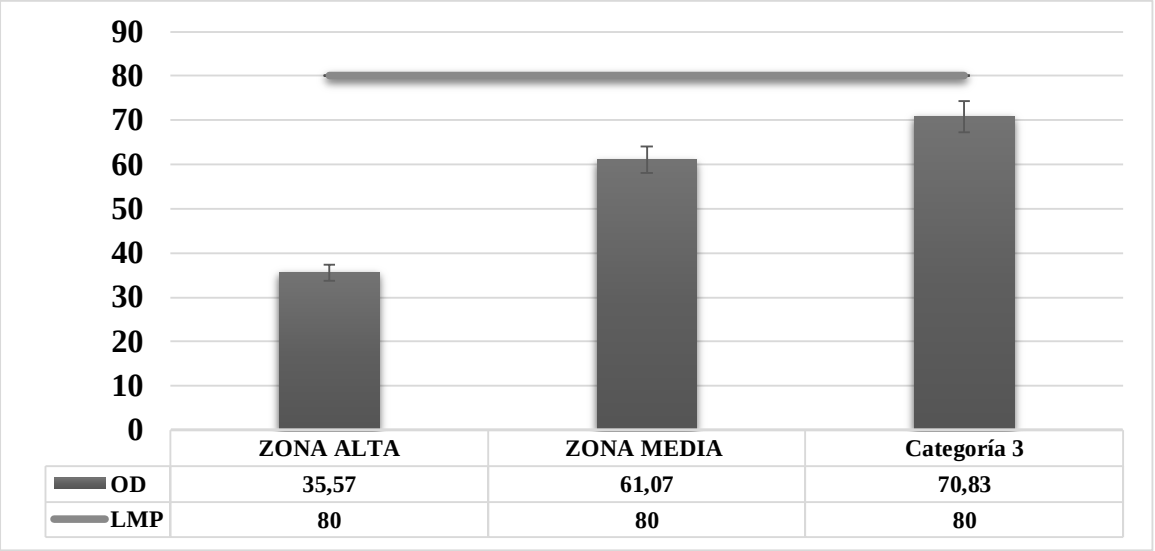


Figura 8: Valores de Oxígeno Disuelto fuera de rango. Elaborado por la Autora

En el análisis del OD se determinó que se encuentra por debajo del LMP, el cual menciona que debe estar por sobre el 80%, la razón de esto es porque no presenta una gran cantidad de movimiento, por lo cual, no tiene mayor oxigenación sobre todo en la Zona Alta que es en donde recién inicia la vertiente, mientras que en los otros sectores se empiezan a unir pequeños riachuelos del sector.

5.2.3. Resultados del Índice de Calidad de Agua (ICA)

Tabla 8

Resultados del ICA, Zona Alta

i	**Parámetros**	**Sub_i**	**W_i**	**Sub_i*W_i**
1	Coliformes Fecales	100	0,15	15
2	pH	91	0,12	10,92
3	DBO_5	65	0,10	6,5
4	NO_3	99	0,10	9,9
5	PO_4	99	0,10	9,9
6	T°	28	0,10	2,8
7	Turbidez	93	0,08	7,44

Continuación tabla 8

8	TDS	86	0,08	6,88
9	OD	27	0,17	4,59
VALOR ICA		Calidad de agua buena		73,93

Elaborado por: La Autora

Según el resultado obtenido en la tabla ICA establecida por Brown, indica que en la Zona Alta del páramo de Morochos posee una calidad de agua buena, dado que se encuentra en el rango de 71-90, con un valor de 73,93

Tabla 9

Resultados del ICA, Zona Media

i	**Parámetros**	**Sub_i**	**W_i**	**Sub_i*W_i**
1	Coliformes Fecales	71	0,15	10,65
2	pH	70	0,12	8,4
3	DBO_5	45	0,10	4,5
4	NO_3	100	0,10	10
5	PO_4	100	0,10	10
6	T°	21	0,10	2,1
7	Turbidez	85	0,08	6,8
8	TDS	84	0,08	6,72
9	OD	64	0,17	10,88
VALOR ICA		Calidad de agua regular		70,05

Elaborado por: La Autora

Según el resultado obtenido en la tabla ICA establecida por Brown, indica que en la Zona Media del páramo de Morochos posee una calidad de agua regular, dado que se encuentra en el rango de 51-70, con un valor de 70,05

Tabla 10

Resultados del ICA en la Zona Baja

i	Parámetros	Sub_i	W_i	$Sub_i * W_i$
1	Coliformes Fecales	99	0,15	14,85
2	pH	91	0,12	10,92
3	DBO_5	55	0,10	5,5
4	NO_3	100	0,10	10
5	PO_4	35	0,10	3,5
6	T°	29	0,10	2,9
7	Turbidez	100	0,08	8
8	TDS	89	0,08	7,12
9	OD	80	0,17	13,6
VALOR ICA		Calidad de agua buena		76,39

Elaborado por: La Autora

Según el resultado obtenido en la tabla ICA establecida por Brown, indica que en la Zona Baja del páramo de Morochos posee una calidad de agua buena, dado que se encuentra en el rango de 71-90, con un valor de76,39

A continuación, se presenta una gráfica en donde se detalla los valores obtenidos de las 3 zonas de estudio (figura 9):

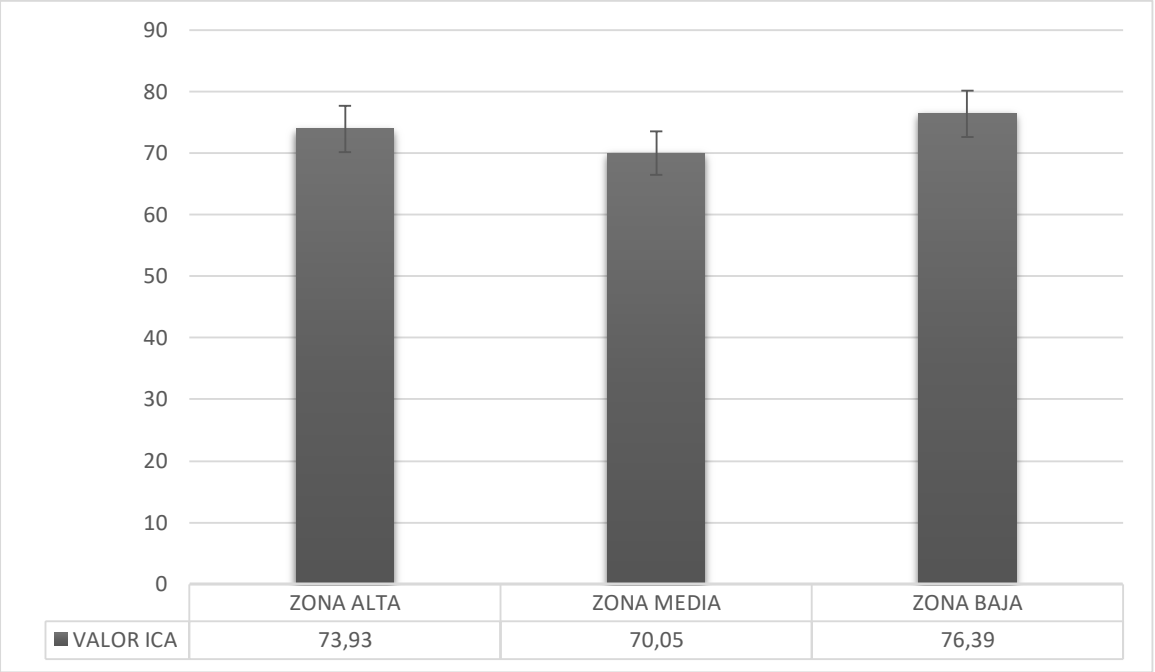


*Figura 9:*Valores del promedio ICA de las 3 zonas. Elaborado por la Autora

Tabla 11

Resultados del ICA de las 3 Zonas, Promedio Total

i	Parámetros	Sub_i*W_i Zona Alta	Sub_i*W_i Zona Media	Sub_i*W_i Zona Baja	Sub_i*W_i Promedio Total
1	Coliformes Fecales	15	10,65	14,85	13,50
2	pH	10,92	8,4	10,92	10,08
3	DBO5	6,5	4,5	5,5	5,5
4	NO3	9,9	10	10	9,97
5	PO4	9,9	10	3,5	7,80
6	T°	2,8	2,1	2,9	2,60
7	Turbidez	7,44	6,8	8	7,41
8	TDS	6,88	6,72	7,12	6,91
9	OD	4,59	10,88	13,6	9,69
VALOR ICA		Calidad de agua buena			73,46

Elaborado por: La Autora

Tomando en cuenta los cálculos realizados con ayuda de la tabla ICA establecido por Brown en las diferentes Zonas del Páramo de Morochos del PNCCa se pudo determinar que la calidad del agua es buena, dado que, se encuentra en el rango de 71-90 con un valor de 73,46, cabe mencionar que esta agua principalmente es para la preservación de la vida acuática y silvestre que se encuentra en el sitio, ya que, los comuneros del sector se caracterizan principalmente por la conservación del lugar.

Como se puede observar en los resultados obtenidos se determinó que la zona en donde existe presencia de pinos la calidad de la misma cambia, en este caso se obtuvo un ICA regular, por lo que se establece que dichas especies si afectan, aunque de manera reducida, ya que, no hubo cambios drásticos en los análisis realizados.

5.2.4. Análisis de terpenos, grasas y aceites en el agua del Páramo de Morochos del PNCCa.

Para explicar el objetivo 2: Establecer mediante técnicas analíticas la presencia de sustancias provenientes de las acículas de pino, que podrían solubilizarse en el agua del PNCCa alterando su calidad, se ha determinado la presencia de terpenos, grasas y aceites que están directamente relacionados con la presencia de esta especie el parque nacional Cotacachi Cayapas.

Se realizó el respectivo análisis de presencia de terpenos en el agua que se está estudiando, se toma una muestra testigo que ayuda a determinar si en las diferentes zonas existe o no dicho compuesto, para esto observa la coloración que presenta, en caso de tornarse rojizo significa la existencia de terpenos, si toma otra coloración no posee el mismo.

Tabla 12

Resultados de terpenos de las muestras analizadas

MUESTRA	**RESULTADO**
Muestra testigo	Positivo
Zona Alta	Negativo
Zona Media	Negativo
Zona Baja	Negativo

Elaborado por: La Autora

El parámetro de los terpenos es sumamente importante para poder determinar la contaminación que se encuentra presente en las vertientes, mismas que ayudaron a establecer la calidad presente en el recurso hídrico estudiado, es así como se pudo llegar a determinar que dicho parámetro no se encuentra en el agua o que sus concentraciones fueron muy bajas por lo que se pudo obtener un falso negativo.

Tabla 13

Resultados de Grasas y Aceites

Parámetros	**Unidades**	**Zona Alta**	**Zona Media**	**Zona Baja**	**LMP**
Grasas y aceites	**$mg.l^{-1}$**	1,67	2,33	2,67	0,3

Elaborado por: La Autora

**LMP descritos en la Tabla 2 Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios Acuerdo Ministerial 097, (2015),*

El parámetro de aceites y grasas que se estudió ayudó a determinar la existencia de los mismos, los LMP según el Acuerdo Ministerial 097, (2015) es de 0,3 $mg.l^{-1}$, por lo que, se puede evidenciar que dicho parámetro ha sido alterado por la presencia de los pinos, según estudios realizados por Cazar, (2005) menciona que los aceites y grasas en el agua son aportados por la resina que tiene dicha especie, y al ser estos insolubles en el agua producen un cambio considerable de la propiedad que ha sido analizada, ya que, en su investigación obtuvo valores de 5,6, 4,9 y 4,65 $mg.l^{-1}$

5.2.5. Determinación de caudales ecológicos

En base al objetivo: Determinar la influencia e impacto del bosque de pinos sobre el recurso agua, mediante la evaluación de los caudales ecológicos de la micro cuenca que atraviesa por el sector en el PNCCa. se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 14

Resultados del caudal

Parámetros	Unidades	Zona Alta	Zona Media	Zona Baja
Caudal	$m^3.s^{-1}$	0,30	0,12	1,11

Elaborado por: La Autora

Los caudales estudiados mostraron notables diferencias, siendo el de menor valor en la zona media, lugar donde hay presencia de pinos, esto demuestra que absorben de manera considerable el agua del lugar; en la zona alta el caudal es el correspondiente al inicio de la vertiente, mientras que en la zona baja se tiene un valor más alto debido a la convergencia de otras corrientes de los alrededores. Si comparamos el caudal de la zona alta con el de la zona media podemos evidenciar una reducción significativa. Debemos considerar que en la zona alta la especie representativa son los pajonales, los que a pesar de los importantes cambios que se han originado por el calentamiento global y el cambio climático mundial, ayudan a mantener los caudales ecológicos, de ahí la importancia de mantenerlos en los páramos alto andinos como especies importantes para almacenar y mantener el agua.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES

- Los análisis físicos, químicos y biológicos estudiados demuestran que 2 de los 9 parámetros no cumplen los límites máximos permisibles, siendo estos el oxígeno disuelto, el cual se ve afectado por el poco movimiento que presentan las aguas en los lugares de muestreo y el fósforo que es un compuesto que se altera en presencia de pinos por lo que, se puede decir que estas especies alteran la calidad del agua del ecosistema páramo del PNCCa.
- En el resultado obtenido del ICA establecido por Brown se pudo determinar que en el ecosistema páramo del PNCCa existe una calidad de agua buena con un valor de 73,46, por lo que esta es considerada apta para la preservación de la vida acuática y silvestre.
- No se encontró presencia de quimiotipos (terpenos) en las muestras de agua de los diferentes puntos de las zonas de estudio, los cuales son los compuestos principales de las acículas de pino, sin embargo, se pudo determinar un alto valor de aceites y grasas los que presumiblemente pueden derivarse de la presencia del bosque que se encuentra en el lugar, lo que altera la calidad del agua.
- Los caudales ecológicos analizados indican que en la Zona Media (bosque de pinos) existe una reducción del caudal, puesto que esta especie consume gran cantidad de agua.
- En las zonas de estudio se ha determinado una influencia negativa del bosque de pinos en cuanto a la disminución de caudales ecológicos y a la disminución de la calidad de agua.

CAPÍTULO VII

RECOMENDACIONES

- Realizar el monitoreo de la Calidad del Agua en temporada seca, para conocer los cambios que pudieran presentarse para brindar soluciones a las diferentes alteraciones.
- Analizar la siembra de pajonal y demás plantas de páramo en lugar del bosque de pinos en los alrededores de los sistemas hídricos tomando en cuenta que los pajonales son considerados esponjas de agua, los cuales ayudan a aumentar los caudales ecológicos en los páramos por la retención de dicho recurso.
- Dar a conocer los resultados obtenidos durante el estudio para mantener la conciencia ambiental acerca del cuidado de los páramos y la vegetación nativa de estos sistemas ecológicos
- Utilizar los resultados obtenidos como línea base para estudios posteriores tanto en este como en otros páramos que se enfrentan a la misma problemática de existencia de bosques de pinos introducidos

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

3M Microbology. (2006). *3M Placas Petrifilm para el Recuento de E. coli/Coliformes*. 3M Microbiología; 70-2008-8105-3. https://multimedia.3m.com/mws/media/444950O/3m-petrifilm-e-coli-coliform-count-plate-interpretation-guide-spanish.pdf

Acuerdo Ministerial 097. (2015). Acuerdo Ministerial 097. *Año III-N°387*|, *387*, 13-15.

Afanador, J., Gaitán, S., & Duque, M. (2007). *PH en agua por electrometría*. IDEAM; TP0080. http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/pH+en+agua+por+Electrometr%C3%ADa.pdf/ec53b64e-91eb-44c1-befe-41fcfccdfff1

Aichholzer, F., & Durán, W. (2010). *Caracterización y comportamiento de un ecosistema de páramo bajo la influencia de bosque de pino (Pinus patula), bosque nativo y de pajonal* [Investigativa, Universidad de Cuenca]. http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3041/1/tag288.pdf

Auge, M., & Camacho, M. (2007). *Agua fuente de vida*. *1*(1), 10-26.

Ayoví, K., Erazo, L., Farías, E., Manosalvas, M., Mugmal, L., Ponce, J., Rivadeneira, M., Rosero, A., & Vivanco, K. (2019). *propuesta para la extracción de madera de pinus patula y pinus radiata de la comunidad de morochos cantón cotacachi provincia de imbabura.* universidad técnica del norte.

Azcona, Á., & González, M. (2013). *Propiedades y funciones biológicas del agua*. *1*(1), 75-79.

Barreto, P., Espinoza, G., & Leiva, M. (2009). *Procedimientp de muestrep de agua superficial*. 01; PM-005. https://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/p_biorem/education/research/protocols/PROcedimiento_de_muestreo_de_agua_superficial.pdf

buytaert, w., célleri, r., bièvre, b. d., & cisneros, f. (s. f.). *hidrología del páramo andino:* 26.

Cabrera, M., & Ramírez, W. (2014). *Restauración ecológica de los páramos de Colombia* (23.ª ed., Vol. 1). Instituto Humboldt. file:///C:/Users/crist/Downloads/257.pdf

Caho, R., & López, E. (2017). Determinación del Índice de Calidad de Agua para el sector occidental del humedal Torca-Guaymaral empleando las metodologías UWQI y CWQI. *2017, 12*(2), 37-47. https://doi.org/10.22507/pml.v12n2a3

Calderón, C., & Orellana, V. (2015). *Control de Calidad del Agua que se distribuye en los campus: Central, Hospitalidad, Balzay, Paraíso, Yanuncay y las Granjas de Irquis y Romeral pertenecientes a la Universidad de Cuenca* [Descriptiva y experimental, Universidad de Cuenca]. https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/22285/1/Tesis.pdf

Camacho, M. (2013a). *Los páramos ecuatorianos: Caracterización y consideración para su conservación y aprovechamiento sostenible*. *1*(1), 79-80.

Camacho, M. (2013b, diciembre 21). *Los páramos ecuatorianos: Caracterización y consideraciones para su conservación y aprovechamiento sostenible*. 87-88.

Carpio, T., Coy, G., & Duque, M. (2007). *Turbiedad por nefelometría (método B)*. IDEAM; TP00443. http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Turbiedad+por+Nefelometr%C3%ADa.pdf/fc92342e-8bba-4098-9310-56461c6a6dbc

Carrasco, S., & Guzmán, S. (2011). *Influencia del uso del suelo, en la pedofauna y flora de los páramos de la zona del Irquis Azuay-Ecuador* [Tesis de pregrado, Universidad del Azuay]. http://201.159.222.99/bitstream/datos/170/1/08417.pdf

Cazar, A. (2005). *Impacto de la extracción de aceite esencial de una plantación de pino (Pinus patula) en la población de la comunidad Zhipta, parroquia Jima- provincia del Azuay* [Investigativa, Escuela Politécnica Nacional de Chimborazo]. http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/4069/1/20T00167.pdf

Cerrón, J., Del Castillo, J., Bonnesoeur, V., Peralvo, M., & Mathez-Stiefel, S.-L. (2019). *Relación entre árboles, cobertura y uso de tierra y servicios hidrológicos en los Andes Tropicales: Una síntesis del conocimiento*. *27*(1), 24-26. http://dx.doi.org/10.5716/OP19056.PDF

Cruz, M., Silva, R., & Espárraga, T. (2016). *Efecto de las plantaciones de Pinus Patula sobre las características fisicoquímicas de los suelos en áreas altoandinas de la región Amazonas*. *5*(7), 33. https://doi.org/10.25127/indes201401.003

Díaz, C., Esteller, M., & López, F. (2005). *Recursos hídricos*. *1*(1). http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/rh01/rh01.pdf

Fernández, S., García, M., Cadahía, C., Arrabal, C., & Cortijo, M. (2001). Composición terpénica de la acícula de Pinus pinaster ait. En monte y banco clonal. *28*, *2*(18), 32-67.

García, C. (2013). *Parámetros físicoquímicos del agua*. *1*(11). http://www.adiveter.com/ftp_public/A3081113.pdf

Gobierno Provincial del Azuay. (2015). Gestión adecuada, medio ambiente y recursos naturales en la Privincia del Azuay. *2015*, *1*(1), 15-22.

Hofstede, R., Calles, J., López, V., Palonco, R., Torres, F., Ulloa, J., Vásquez, A., & Cerra, M. (2014). *Los páramos andinos ¿qué sabemos? 1*(1), 9-12.

Hofstede, R., Coppus, R., Vásconez, P. M., Segarra, P., & Wolf, J. (2002). *el estado de conservación de los páramos de pajonal en el ecuador*. 16.

Hofstede, R., Mena Vásconez, P., & Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales. (2003). *Los páramos del mundo: Proyecto Atlas Mundial de los Páramos 2003*. UICN ;

Huber, A., Mohr, C., & Frene, C. (2010). Efecto de plantaciones de Pinus radiata y Eucalyptus globulus sobre el recurso agua en la Cordillera de la Costa de la región del Biobío, Chile. *1*, *31*(3), 219-230. http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002010000300006

iAgua. (2017, mayo 10). *Las plantaciones de pino empeoran el efecto de las sequías en Perú* [Text]. iAgua; iAgua. https://doi.org/10/plantaciones-pino-empeoran-efecto-sequias-peru

Jiménez, A., & Barba, Á. (2011). *Determinación de los páramos físico-químicos de calidad de las aguas*. *30*(3), 1-3.

Jobbágy, E., Acosta, A., & Nosetto, M. (2013). Rendimiento hídrico en cuencas primarias bajo pastizales y plantaciones de pino de las sierras de Córdoba (Argentina). *23*, *87*(96), 89-91.

LA HORA. (2020, enero 31). *En Morochos piden atención urgente del... - Radio Dj Latina HD | Facebook*. https://m.facebook.com/KikimpaSumakUyachikAnta/posts/1323099844552562

LaMotte. (s. f.). *SMART3 Coloremeter* (Chestertown). Lamotte.

León, L. (2018). *Índices de Calidad del Agua (ICA), Forma de Estimarlos y Aplicación en la Cuenca Lerma-Chapala*. *1*(1), 1-7.

León, T., & Suárez, A. (1996). Efecto de los Pinos en el Ciclo del Agua. En *Efectos de Plantaciones forestales sobre Suelo y Agua* (Vol. 1, pp. 53-58). CONIF. https://www.guao.org/sites/default/files/biblioteca/Efectos%20de%20plantaciones%20forestales%20sobre%20suelo%20y%20agua.pdf

Llambí, D., Soto-W, A., De Bievre, B., Ochoa, B., & Borja, P. (2012). *Ecología, hidrología y suelos de páramos*. *1*(1), 58-59.

López, S. (2018). *Validación método respirométrico para determinar DBO5 en aguas residuales y naturales en el Distrito Metropolitano de Quito* [Investigativa, Escuela Politécnica Nacional]. https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19481/1/CD-8878.pdf

mancheno, a. (2011). *análisis de los impactos en la calidad del suelo causados por el pino (pinus patula) en comparación con el suelo ocupado por el polylepis (polylepis reticulata) en el parque nacional cajas* [investigativa, universidad politécnica salesiana sede cuenca]. https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1086/15/UPS-CT002204.pdf

Marín, R. (2015). Características físicas, químicas y biológicas de las aguas. *12*, *1*(1), 3-7.

Martínez, I. I. (2012). *Estudios técnicos de la Dirección Nacional de Calidad del Agua*. 30.

Mena, P. M. (2010). *Los páramos ecuatorianos: Paisajes diversos, frágiles y estratégicos*. *1*(1), 97-117.

mojica, m. e. (2018). principales afectaciones de una plantación de pino pátula a la producción hídrica de la quebrada boyacogua del municipio de duitama. *1*, *1*(1), 26-30.

Navarro, O., Gaitán, S., & Duque, M. (2007). *Oxígeno disuelto por electrodo de membrana*. IDEAM; TP0083. http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Ox%C3%ADgeno+Disuelto+por+Electrometr%C3%ADa.pdf/9d532efc-805a-4561-94db-a82649af5f91

Peña, E. (2007). *Calidad de Agua*. *1*(1), 6.

Perugachi, R. (2015). *Evaluación y propuesta de la demanda química de oxígeno (DQO) y sólidos disueltos totales (TDS) en las aguas residuales del baño de tintura en la empresa «Textiles Tornasol»* [Investigativa, Universidad Técnica del Norte]. http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/4343/1/04%20IT%20167%20TESIS.pdf

Pozo, L. (2011). *Construcción de un prototipo del molinete universal para la velocidad del agua en ríos, basado en el molinete iniversal utilizado en el INAMHI* [Investigativa, Escuela Politécnica Nacional]. PDF. https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4165/1/CD-3870.pdf

Puente, I., Rivera, K., Veloz, G., & Yar, J. (2019). *Propuesta de restauración ecológica en los páramos de la comunidad de Morochos*. MAATE.

Reisancho, L. (2009). *Implementación de un sistema de validación de métodos físico-químicos para análisis de: Aceites y grasas, cloruros, fósforo total y nitratos en muestras de agua* [Investigativa, Escuela Politécnica Nacional]. https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1793/1/CD-2379.pdf

Rubio, H., Ortíz, C., Quintana, R., Saucedo, R., Ochoa, J., & Rey, N. (2014). *Índice de Calidad de Agua (ICA) en la presa la boquilla en Chihuahua, México*. *1*(2), 139-150.

Ruiz, J. (2014). *Impacto de la forestación con pino (Pinus patula sxhiede ex Schltdl. & Cham.) sobre la diversidad vegetal y los suelos en el páramos de Mucubají, Parque Nacional Sierra Nevada* [Universidad de los Andes]. http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/39978/Ruiz,%20J.2014.pdf;jsessionid=160643CD550B814555A4488437E8697E?sequence=1

Salazar, F., & Jaime, M. (2010). *Tamizaje Fitoquímico en las hojas frescas de laurelillo [Cordia inermis (Mill.) I. M. Johnst.]*. [Investigativa, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua]. https://core.ac.uk/download/pdf/53103585.pdf

Sanabria, D., Orjuela, L., & Duque, M. (2006). *Conductividad eléctrica por el método electrométrico en aguas*. IDEAM; TP0082. http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Conductividad+El%C3%A9ctrica.pdf/f25e2275-39b2-4381-8a35-97c23d7e8af4

SNET. (s. f.). *Índice de Calidad del Agua General «ICA»*. MMARN. Recuperado 7 de mayo de 2021, de http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculoICA.pdf

Solís, Y., Zúñiga, L., & Mora, D. (2017). *La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica*. *3*(1), 35-46. https://doi.org/10.18845/tm.v31i1.3495

Torres, P. (2019). *Índices de Calidad (ICAs) y de contaminación (ICOs) Del Agua de Importancia Mundial* (3.ª ed., Vol. 8). Revista Ingenierías Universidad de Medellin. http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portalIG/home_10/recursos/general/pag_contenido/libros/06082010/icatest_capitulo3.pdf

torres, p., cruz, c. h., & patiño, p. j. (2009a). índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. una revisión crítica. *revista ingenierías universidad de medellín*, *8*(15), 16.

Torres, P., Cruz, C., & Patiño, P. (2009b). *Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Una revisión crítica* [Investigativa, Universidad de Medellín]. http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v8n15s1/v8n15s1a09.pdf

Vidales, A., Leos, M., & Campos, M. (2010). *Extracción de Grasas y Aceites en los efluentes de una Industria Automotriz*. *40*(2), 29-33.

Vives, J. (2003). Manual de técnicas analíticas para la determinación de parámetros fisicoquímicos y contaminantes marinos: Aguas, sedimentos y organismos. *12*, *1*(1), 148.

ANEXOS

Anexo 1: Fotografías toma 1 con apoyo del personal del MAATE (Guardaparques)

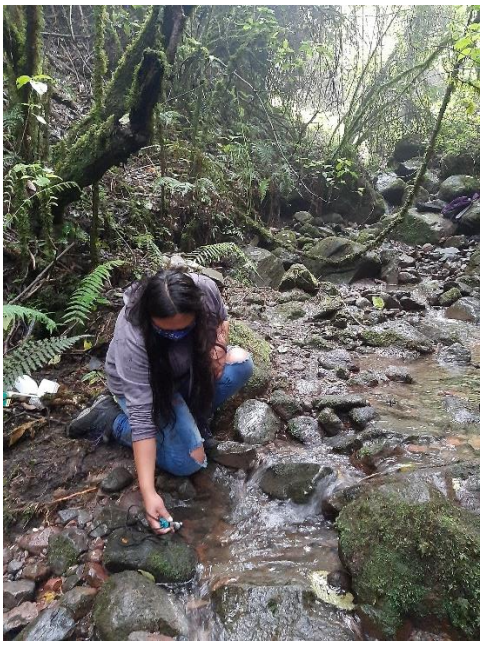








Anexo 2: Fotografías de la toma 2





Anexo 3: Fotografías de la toma 3



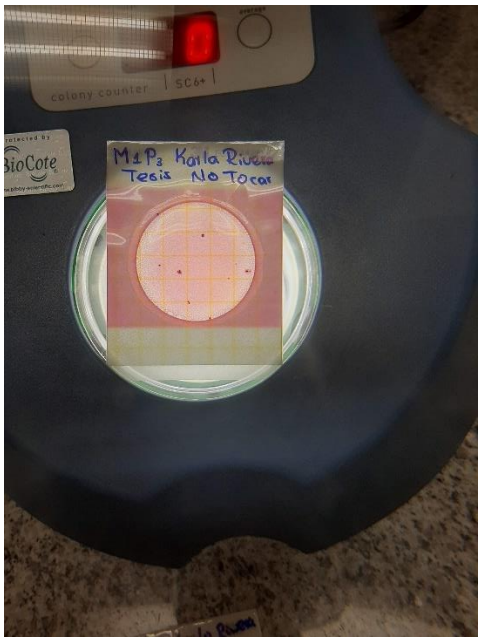


Anexo 4: Análisis de las muestras en el laboratorio de la PUCE-SI



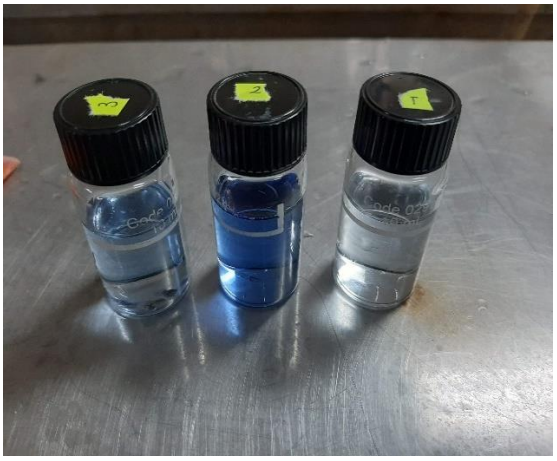


Anexo 5: Fotografías siembra de muestras para análisis de coliformes



Anexo 6: Análisis de Fosfatos





Anexo 7: Análisis de terpenos





Anexo 8: Análisis de Grasas y Aceites

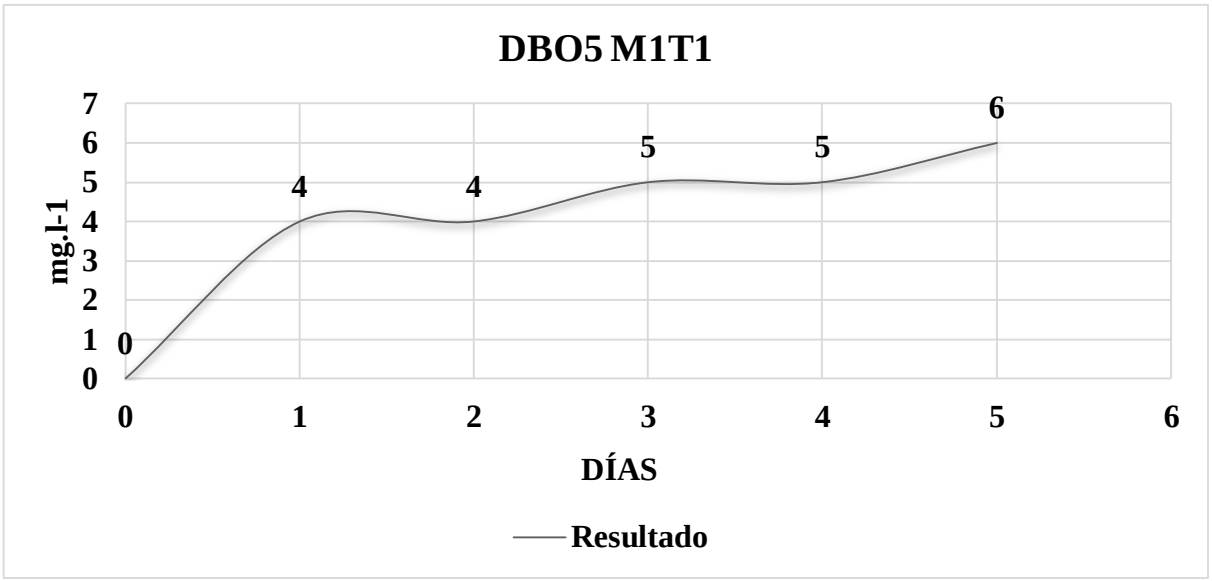


Anexo 9: Resultados DBO 5 de las muestras 1, 2 y3 de la Toma 1

DBO5	**UNIDAD**	**M1T1**	**M2T1**	**M3T1**
DBO1	$mg.l^{-1}$	4	2	5
DBO2	$mg.l^{-1}$	4	3	5
DBO3	$mg.l^{-1}$	5	3	5
DBO4	$mg.l^{-1}$	5	5	5
DBO5	$mg.l^{-1}$	6	5	5

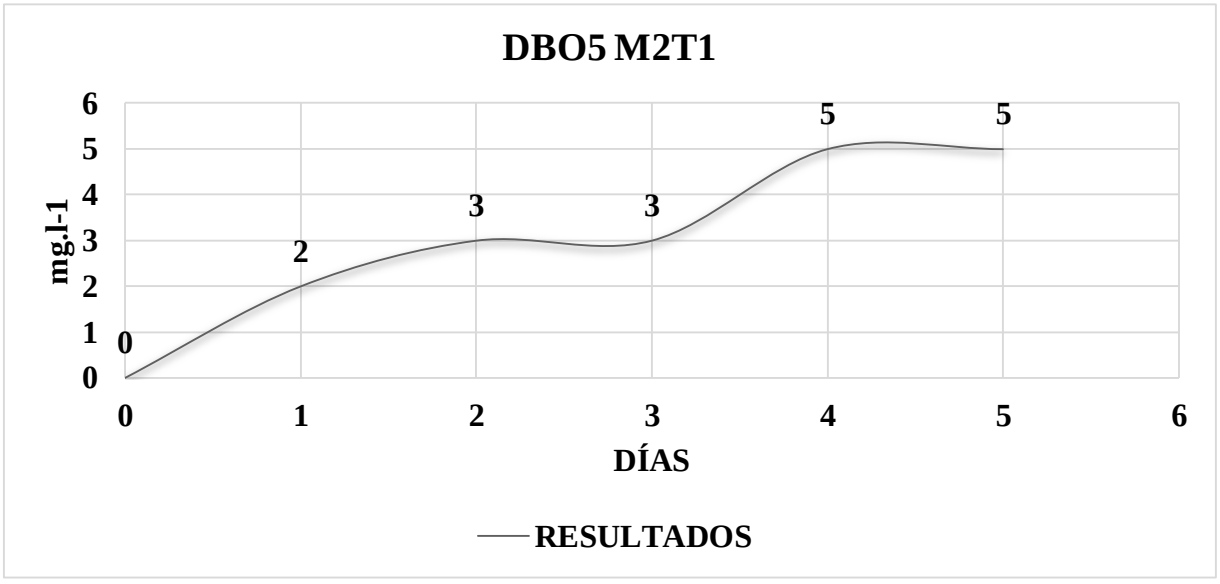
Elaborado por: La Autora

Anexo 10: Curva DBO5 de la muestra 1 Toma 1



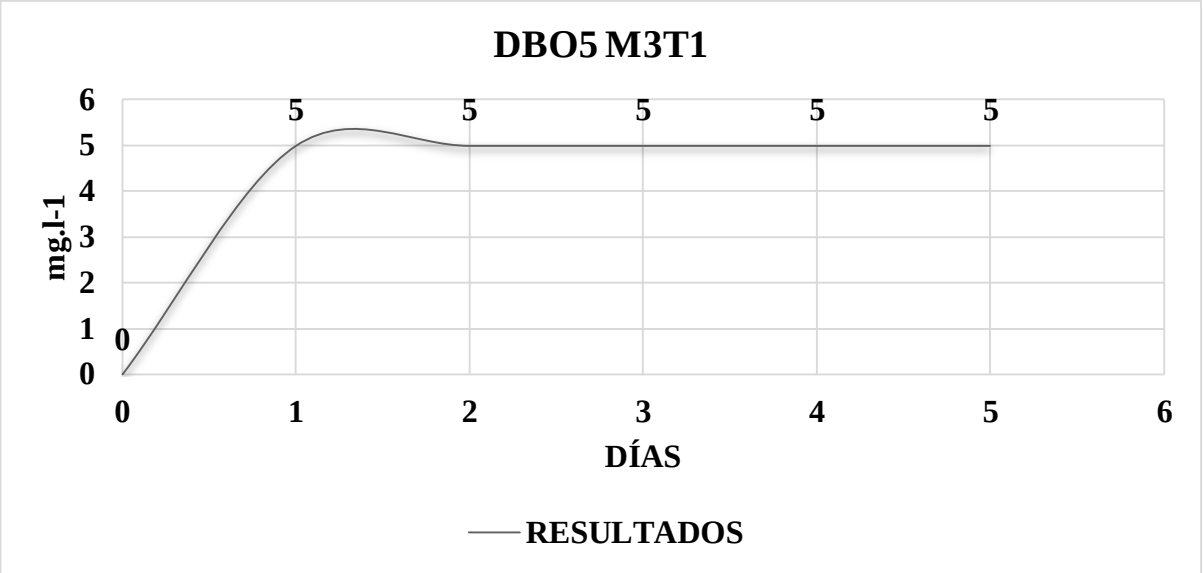
Elaborado por: La Autora

Anexo 11: Curva DBO5 de la Muestra 2 Toma 1



Elaborado por: La Autora

Anexo 12: Curva DBO5 de la Muestra 3 Toma 1



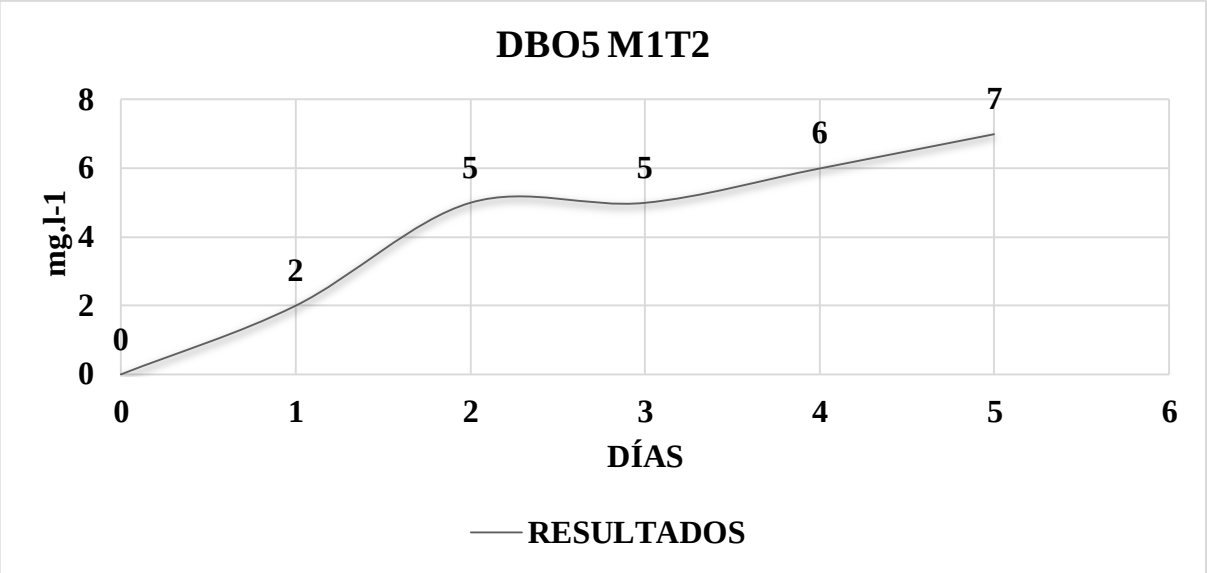
Elaborado por: La Autora

Anexo 13: Resultados DBO5 de las muestras 1, 2 y 3 de la Toma 2

DBO5	UNIDAD	M1T1	M2T1	M3T1
DBO1	$mg.l^{-1}$	2	5	5
DBO2	$mg.l^{-1}$	5	7	8
DBO3	$mg.l^{-1}$	5	7	9
DBO4	$mg.l^{-1}$	6	8	9
DBO5	$mg.l^{-1}$	7	10	11

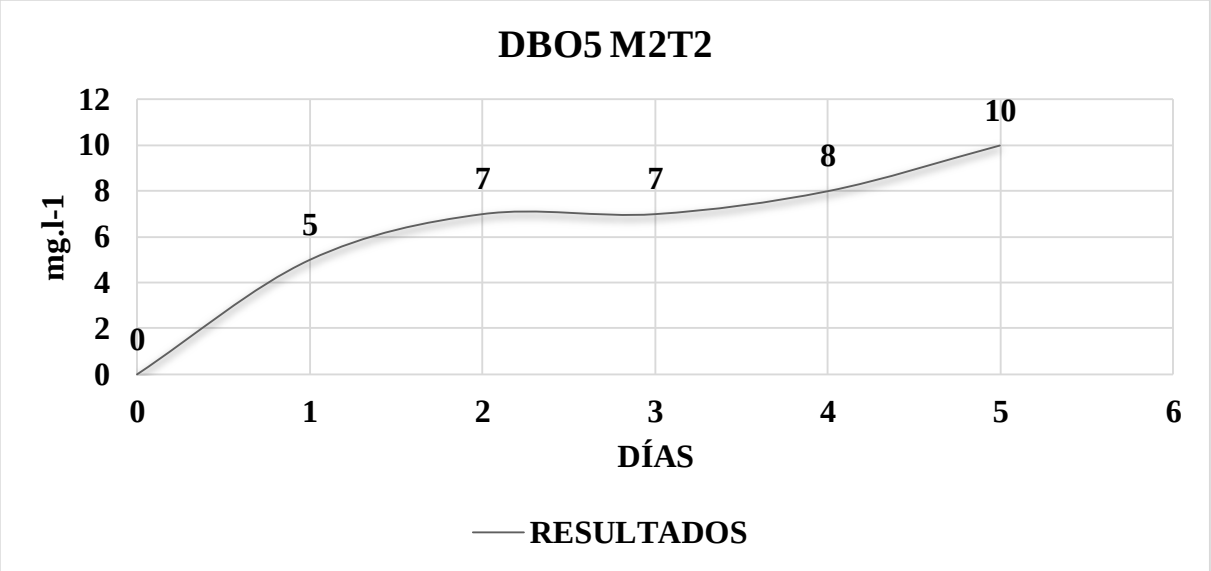
Elaborado por: La Autora

Anexo 14: Curva DBO5 de la Muestra 1 de Toma 2



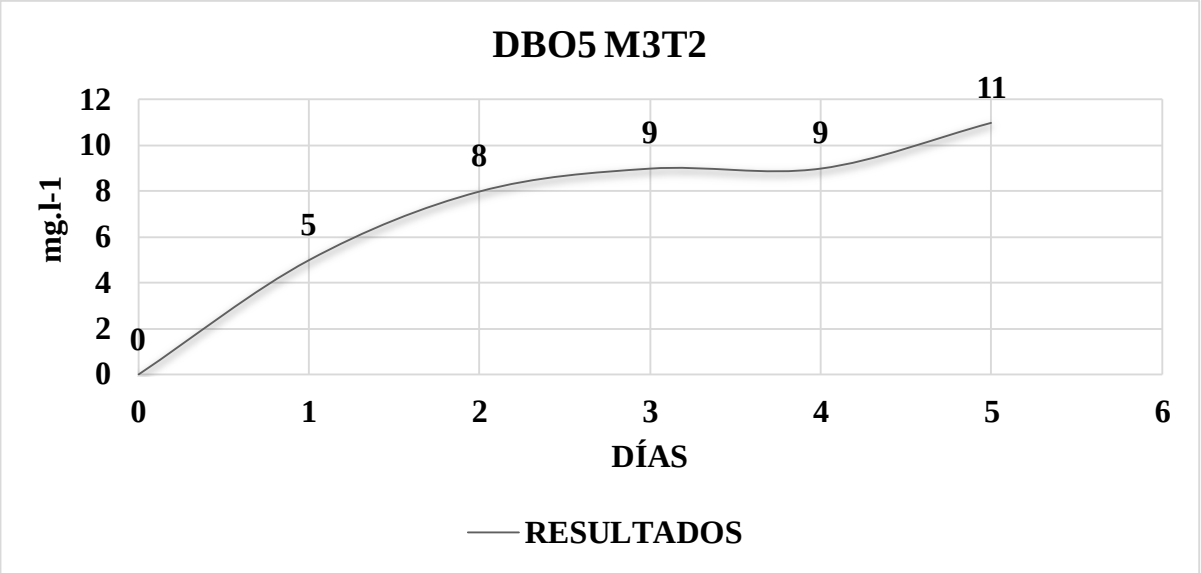
Elaborado por: La Autora

Anexo 15: Curva DBO5 de la Muestra 2 Toma 2



Elaborado por: La Autora

Anexo 16: Curva DBO5 de la Muestra 3 Toma 1



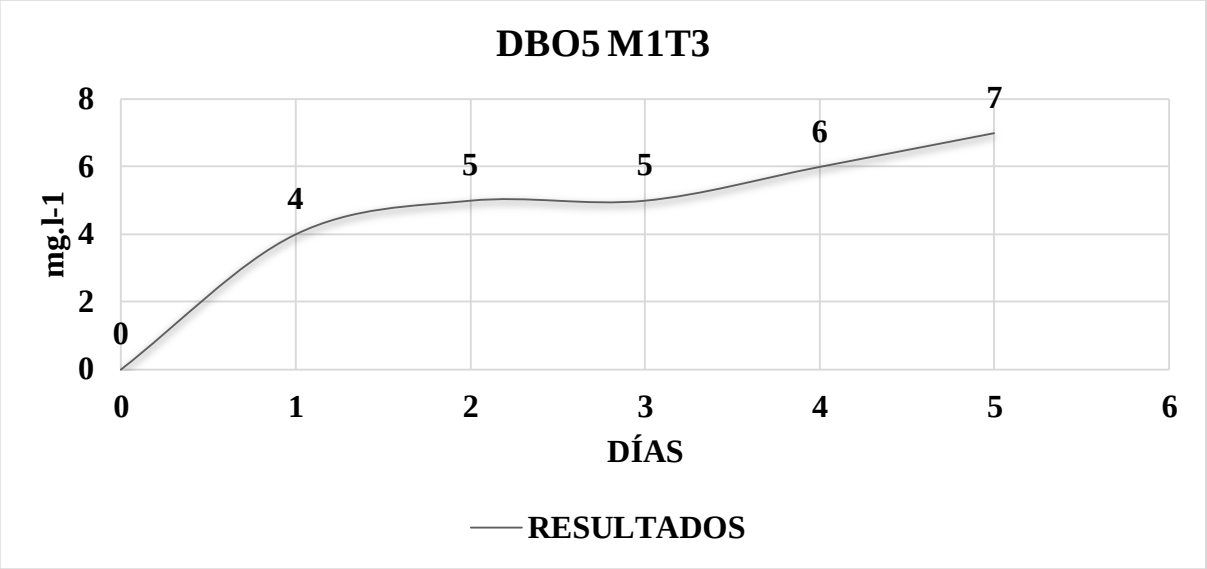
Elaborado por: La Autora

Anexo 17: Curva DBO5 de las muestras 1, 2 y 3 de la Toma 3

DBO5	UNIDAD	M1T1	M2T1	M3T1
DBO1	$mg.l^{-1}$	4	2	4
DBO2	$mg.l^{-1}$	5	2	6
DBO3	$mg.l^{-1}$	5	3	7
DBO4	$mg.l^{-1}$	6	5	8
DBO5	$mg.l^{-1}$	7	5	8

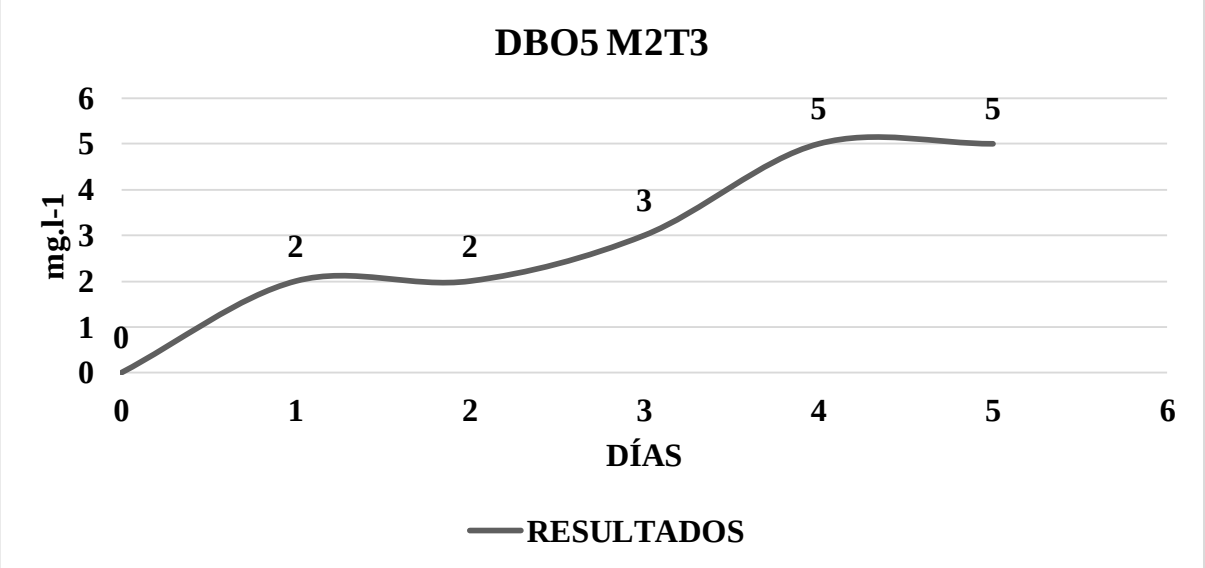
Elaborado por: La Autora

Anexo 18: Curva DBO5 de la Muestras 1de la Toma 3



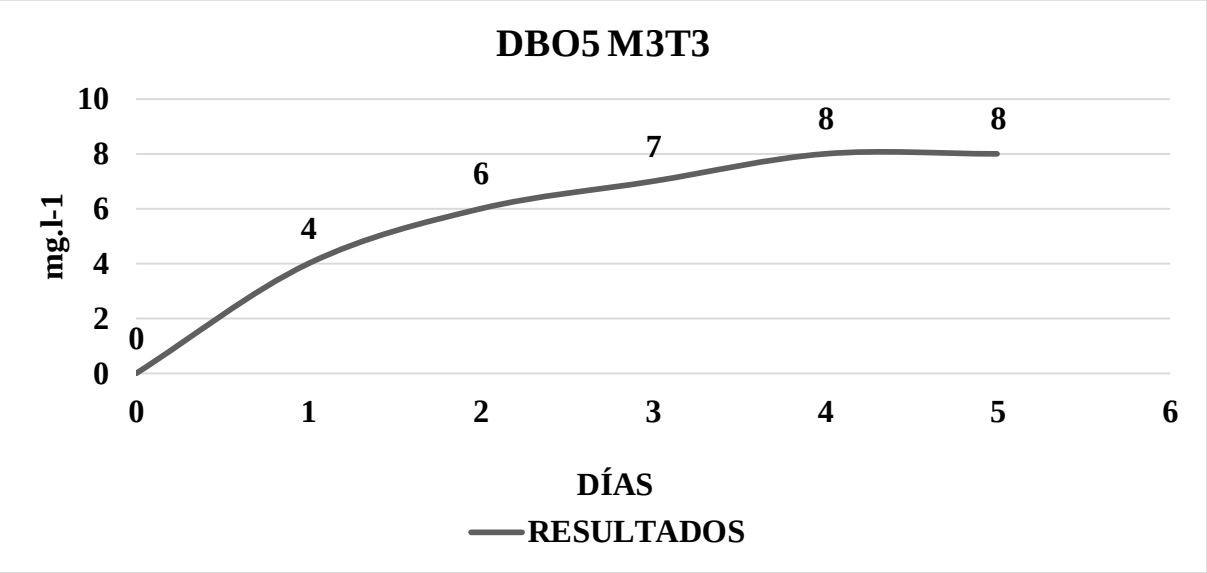
Elaborado por: La Autora

Anexo 19: Curva DBO5 de la Muestra 2 Toma 3



Elaborado por: La Autora

Anexo 20: Curva DBO5 de la Muestra 3 Toma 3



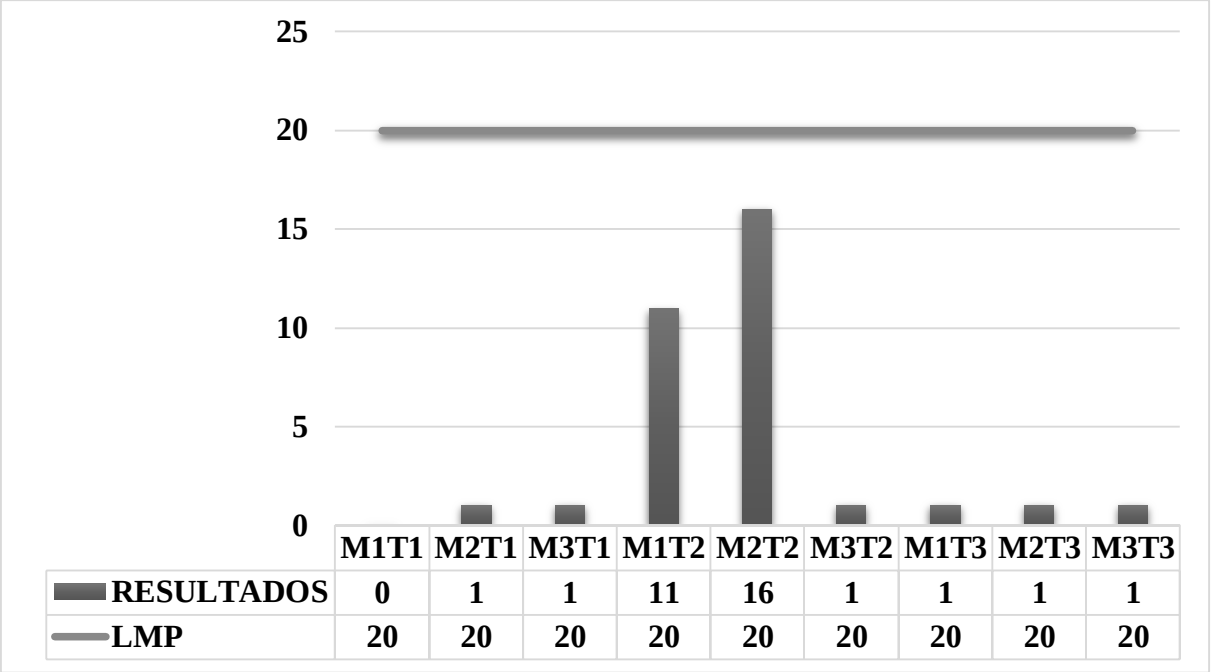
Elaborado por: La Autora

Anexo 21: Resultados de Coliformes Fecales obtenidos

N°	Muestras	Coliformes Fecales NMP/100mL^{-1}
1	M1T1	0
2	M2T1	1
3	M3T1	1
4	M1T2	0
5	M2T2	11
6	M3T2	3
7	M1T3	1
8	M2T3	1
9	M3T3	1

Elaborado por: La Autora

Anexo 22: Comparación de los Coliformes Fecales de las Muestras Tomadas



	M1T1	M2T1	M3T1	M1T2	M2T2	M3T2	M1T3	M2T3	M3T3
RESULTADOS	0	1	1	11	16	1	1	1	1
LMP	20	20	20	20	20	20	20	20	20

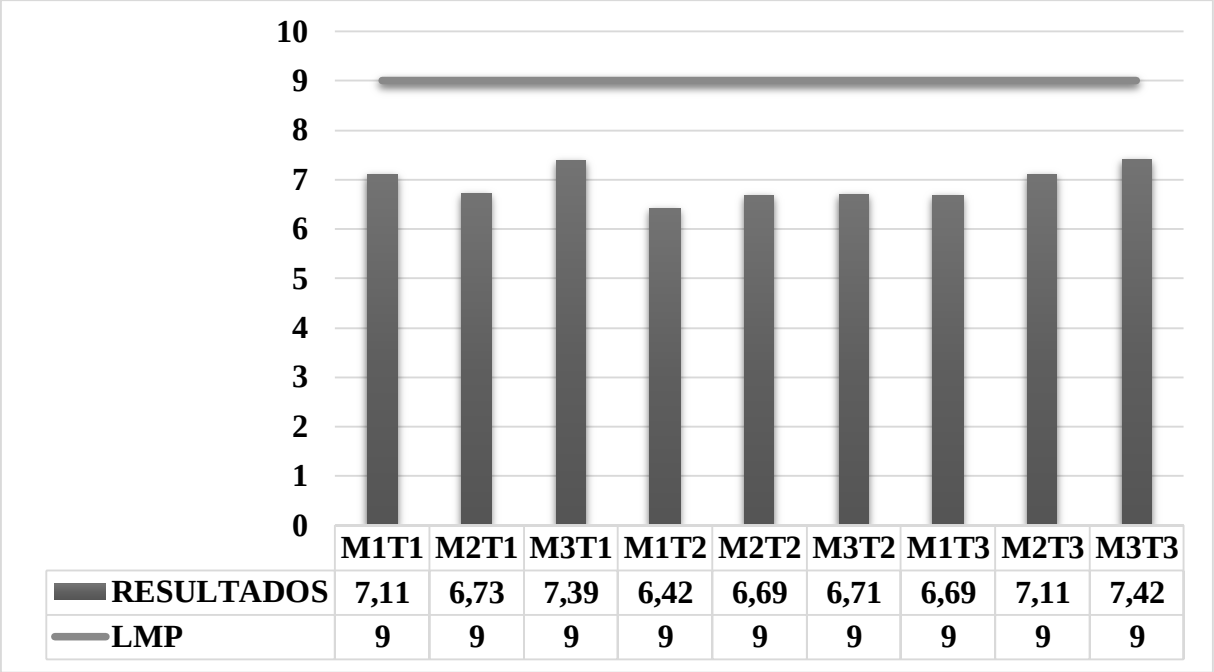
Elaborado por: La Autora

Anexo 23: Resultados de pH obtenidos

N°	Muestras	pH
1	M1T1	7,11
2	M2T1	6,73
3	M3T1	7,39
4	M1T2	6,42
5	M2T2	6,69
6	M3T2	6,71
7	M1T3	6,69
8	M2T3	7,11
9	M3T3	7,42

Elaborado por: La Autora

Anexo 24: Comparación del pH de las Muestras Tomadas



	M1T1	M2T1	M3T1	M1T2	M2T2	M3T2	M1T3	M2T3	M3T3
RESULTADOS	7,11	6,73	7,39	6,42	6,69	6,71	6,69	7,11	7,42
LMP	9	9	9	9	9	9	9	9	9

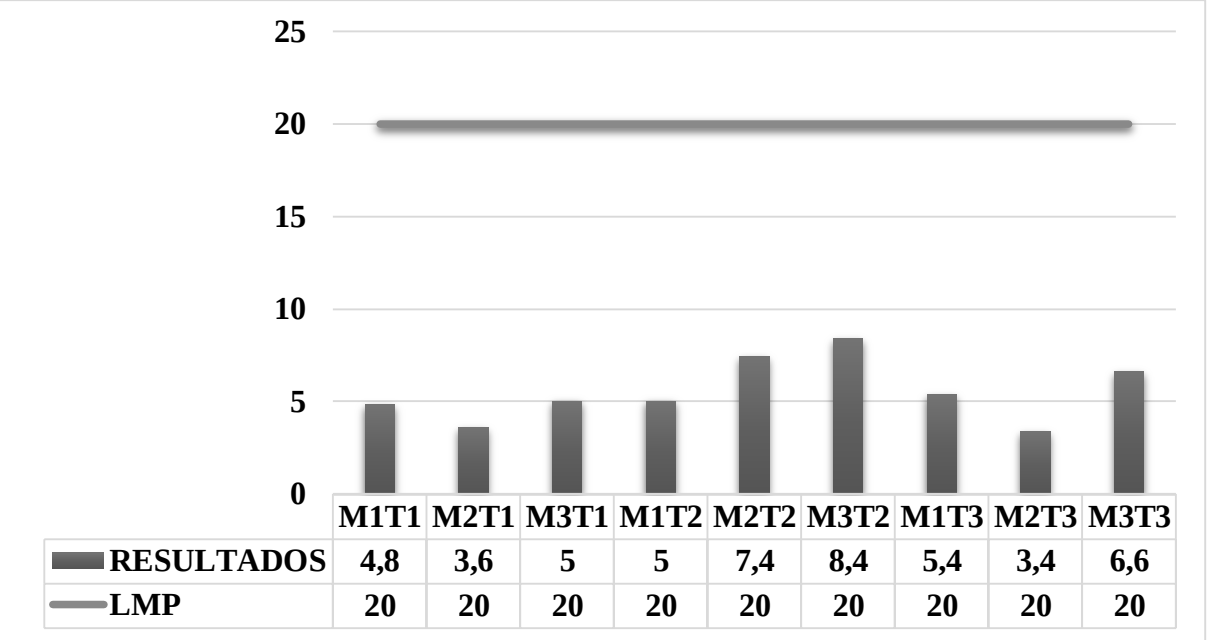
Elaborado por: La Autora

Anexo 25: Resultados DBO5 obtenidos

N°	Muestras	DBO5 $mg.l^{-1}$
1	M1T1	4,8
2	M2T1	3,6
3	M3T1	5
4	M1T2	5
5	M2T2	7,4
6	M3T2	8,4
7	M1T3	5,4
8	M2T3	3,4
9	M3T3	6,6

Elaborado por: La Autora

Anexo 26: Comparación de DBO_5 de las Muestras Tomadas



	M1T1	M2T1	M3T1	M1T2	M2T2	M3T2	M1T3	M2T3	M3T3
RESULTADOS	4,8	3,6	5	5	7,4	8,4	5,4	3,4	6,6
LMP	20	20	20	20	20	20	20	20	20

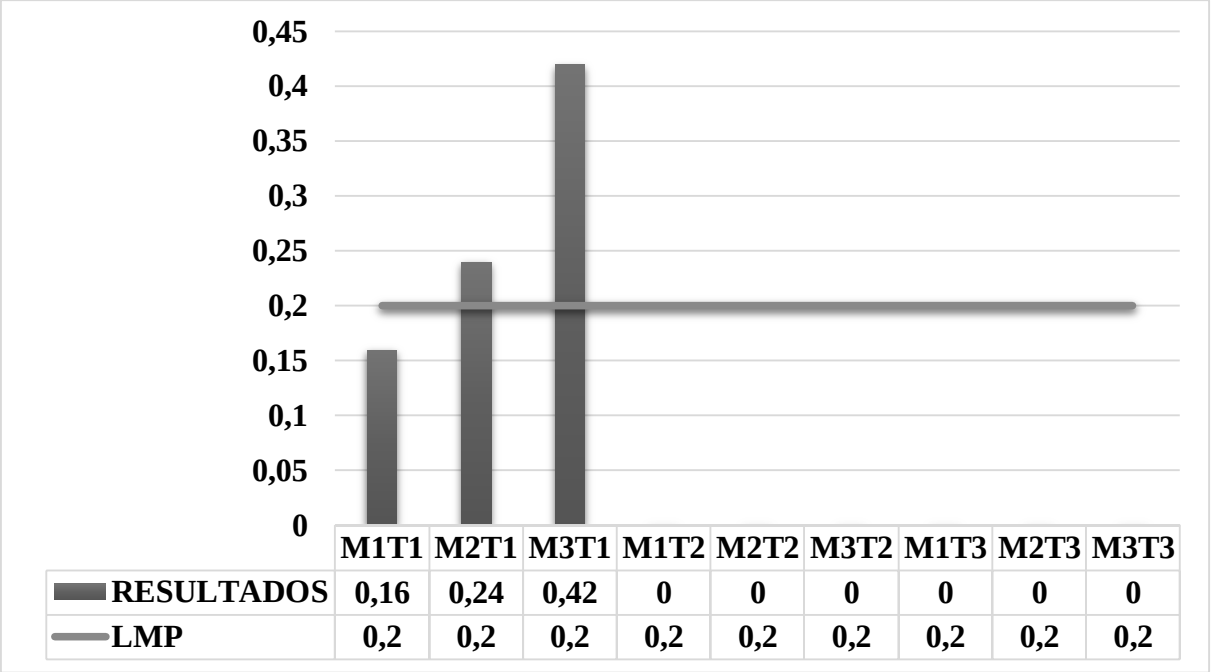
Elaborado por: La Autora

Anexo 27: Resultados de Nitratos obtenidos

N°	Muestras	NO3 $mg.l^{-1}$
1	M1T1	0,16
2	M2T1	0,24
3	M3T1	0,42
4	M1T2	0
5	M2T2	0
6	M3T2	0
7	M1T3	0
8	M2T3	0
9	M3T3	0

Elaborado por: La Autora

Anexo 28: Comparación Nitratos de las Muestras Tomadas



	M1T1	M2T1	M3T1	M1T2	M2T2	M3T2	M1T3	M2T3	M3T3
RESULTADOS	0,16	0,24	0,42	0	0	0	0	0	0
LMP	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

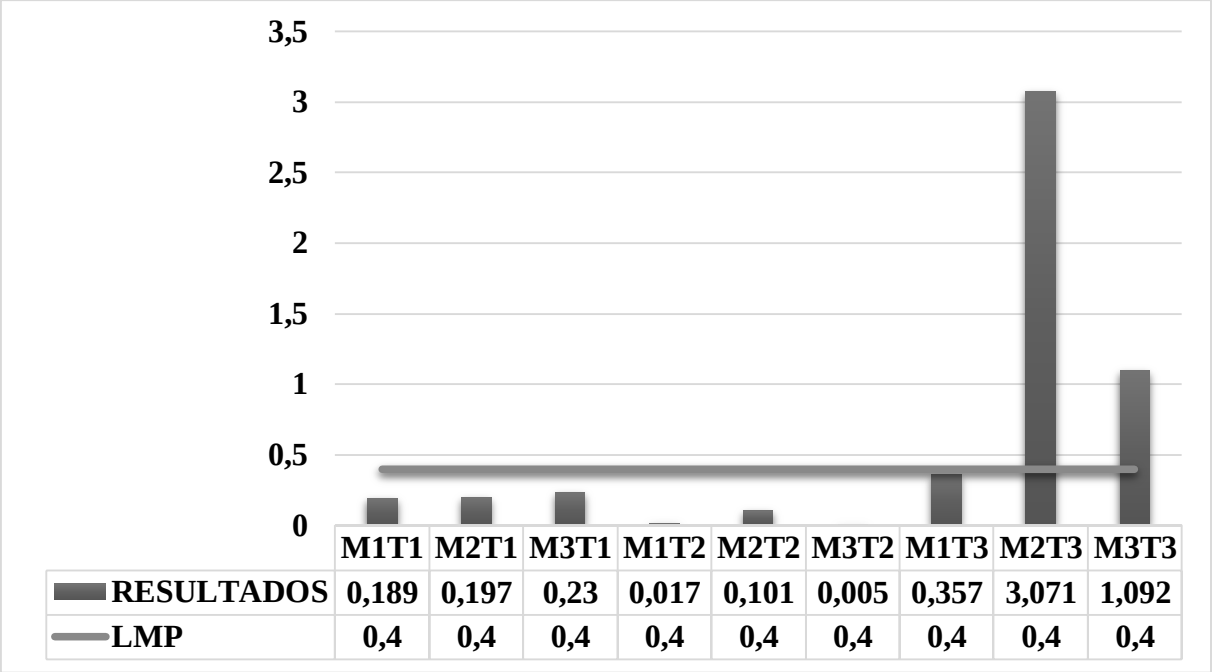
Elaborado por: La Autora

Anexo 29: Resultados de Fosfatos obtenidos

N°	Muestras	PO4 $mg.l^{-1}$
1	M1T1	0,189
2	M2T1	0,197
3	M3T1	0,23
4	M1T2	0,017
5	M2T2	0,101
6	M3T2	0,005
7	M1T3	0,357
8	M2T3	3,071
9	M3T3	1,092

Elaborado por: La Autora

Anexo 30: Comparación Fosfatos de las Muestras Tomadas



	M1T1	M2T1	M3T1	M1T2	M2T2	M3T2	M1T3	M2T3	M3T3
RESULTADOS	0,189	0,197	0,23	0,017	0,101	0,005	0,357	3,071	1,092
LMP	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4

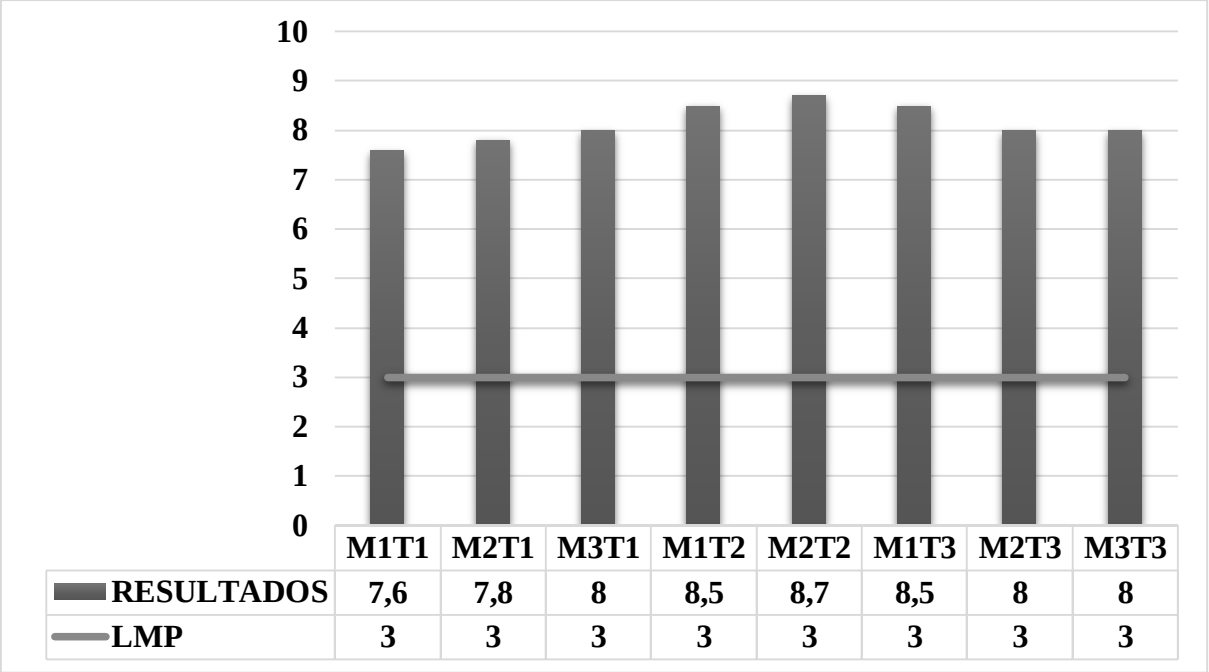
Elaborado por: La Autora

Anexo 31: Resultados de la Temperatura obtenidos

N°	Muestras	T (°C)
1	M1T1	7,6
2	M2T1	7,8
3	M3T1	8
4	M1T2	8,5
5	M2T2	8,7
6	M3T2	8,7
7	M1T3	8,5
8	M2T3	8
9	M3T3	8

Elaborado por: La Autora

Anexo 32: Comparación de la Temperatura de las Muestras Tomadas



	M1T1	M2T1	M3T1	M1T2	M2T2	M1T3	M2T3	M3T3
RESULTADOS	7,6	7,8	8	8,5	8,7	8,5	8	8
LMP	3	3	3	3	3	3	3	3

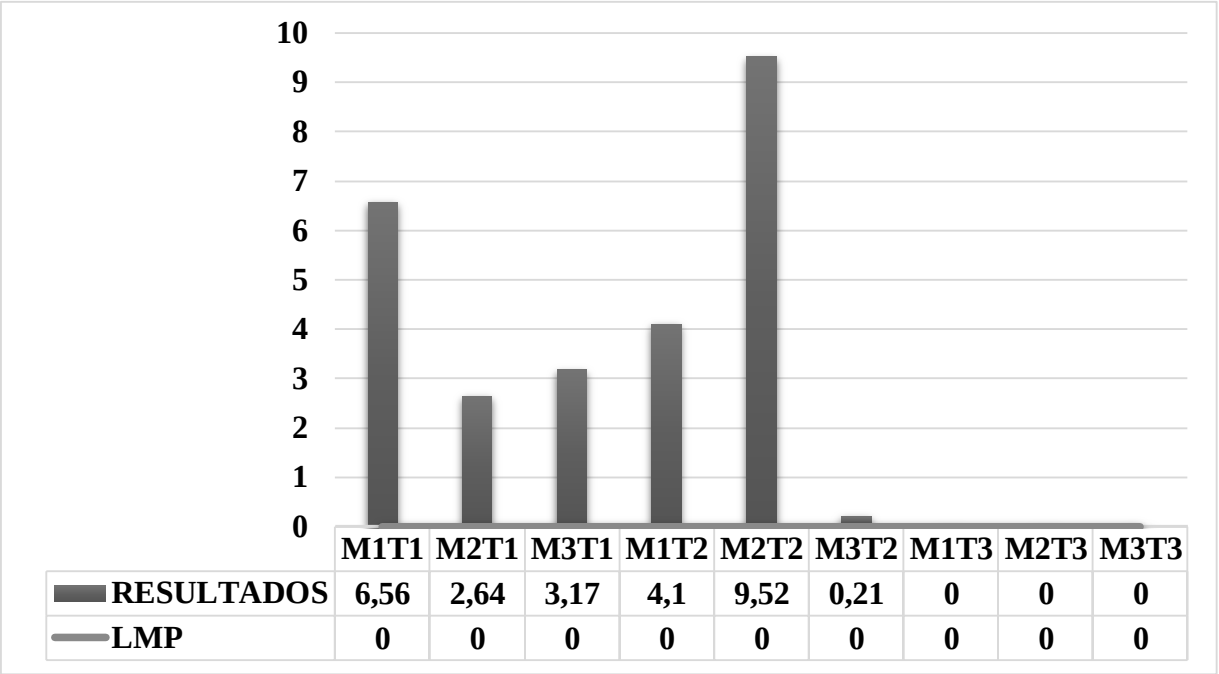
Elaborado por: La Autora

Anexo 33: Resultados de la Turbidez obtenidos

N°	Muestras	Turbidez NTU
1	M1T1	6,56
2	M2T1	2,67
3	M3T1	3,17
4	M1T2	4,10
5	M2T2	3,10
6	M3T2	0,21
7	M1T3	0
8	M2T3	0
9	M3T3	0

Elaborado por: La Autora

Anexo 34: Comparación de la Turbidez de las Muestras Tomadas



	M1T1	M2T1	M3T1	M1T2	M2T2	M3T2	M1T3	M2T3	M3T3
RESULTADOS	6,56	2,64	3,17	4,1	9,52	0,21	0	0	0
LMP	0	0	0	0	0	0	0	0	0

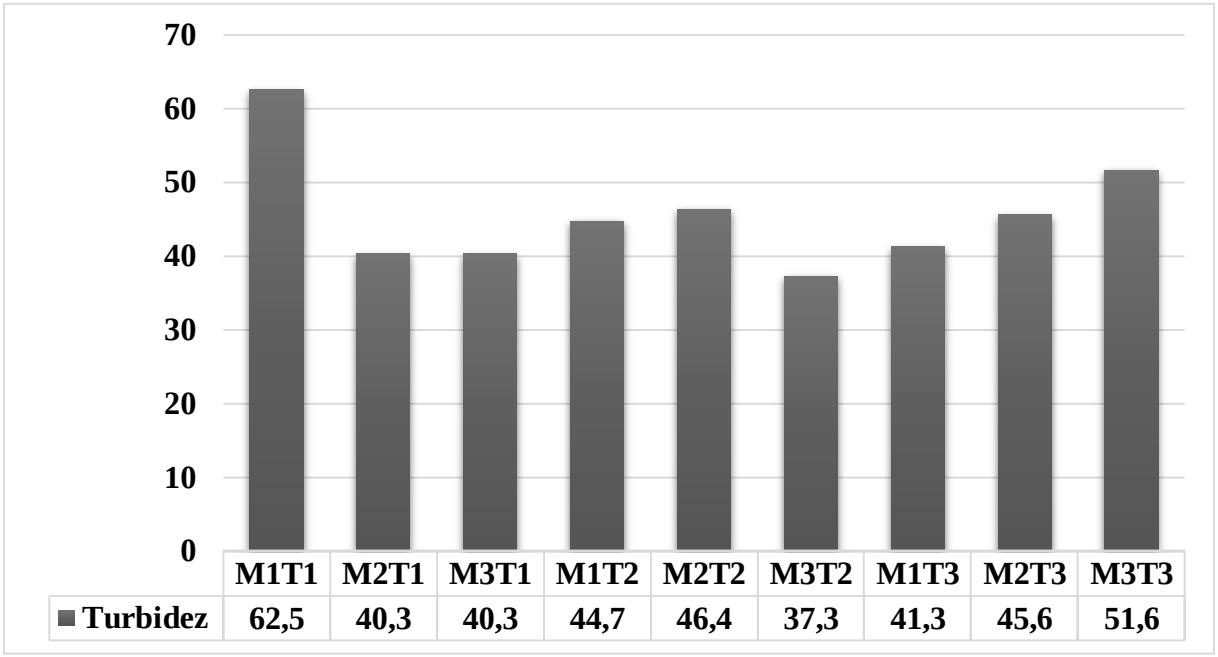
Elaborado por: La Autora

Anexo 35: Resultados de los TDS obtenidos

N°	Muestras	TDS $mg.l^{-1}$
1	M1T1	62,5
2	M2T1	40,3
3	M3T1	40,3
4	M1T2	44,7
5	M2T2	46,4
6	M3T2	37,3
7	M1T3	41,3
8	M2T3	45,6
9	M3T3	51,6

Elaborado por: La Autora

Anexo 36: Comparación de los TDS de las Muestras Tomadas



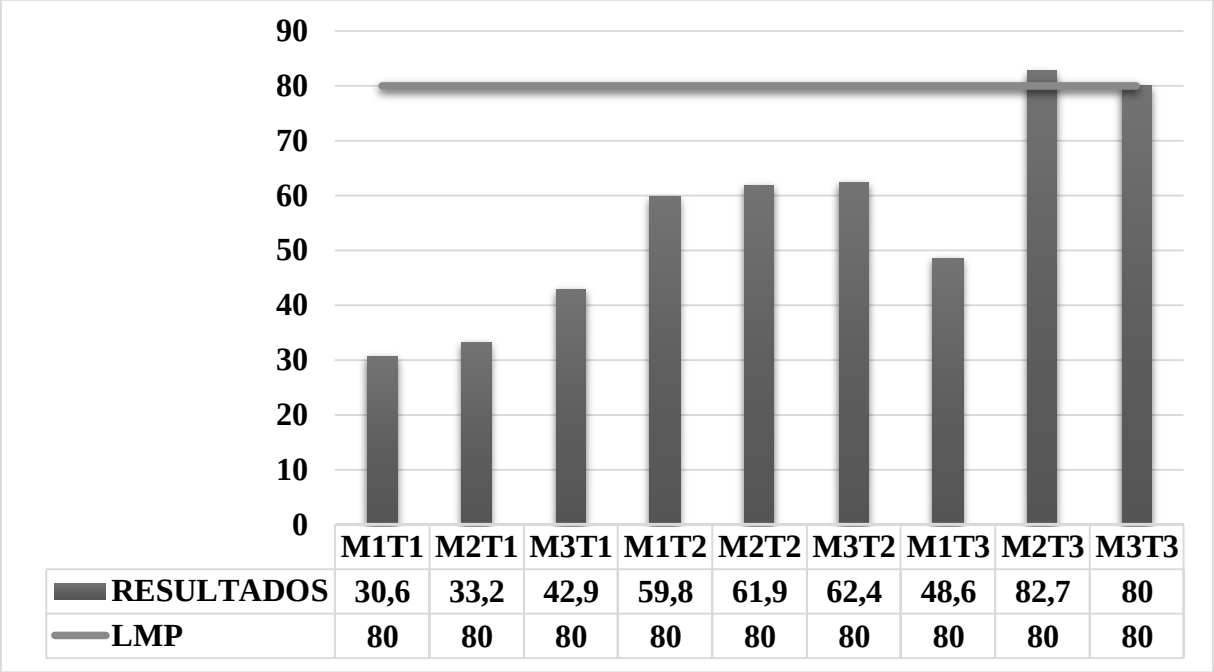
Elaborado por: La Autora

Anexo 37: Resultados del Oxígeno Disuelto obtenidos

N°	Muestras	OD %
1	M1T1	30,6
2	M2T1	33,2
3	M3T1	42,9
4	M1T2	59,8
5	M2T2	61,9
6	M3T2	62,4
7	M1T3	48,6
8	M2T3	82,7
9	M3T3	81

Elaborado por: La Autora

Anexo 38: Comparación del Oxígeno Disuelto de las Muestras Tomadas



	M1T1	M2T1	M3T1	M1T2	M2T2	M3T2	M1T3	M2T3	M3T3
RESULTADOS	30,6	33,2	42,9	59,8	61,9	62,4	48,6	82,7	80
LMP	80	80	80	80	80	80	80	80	80

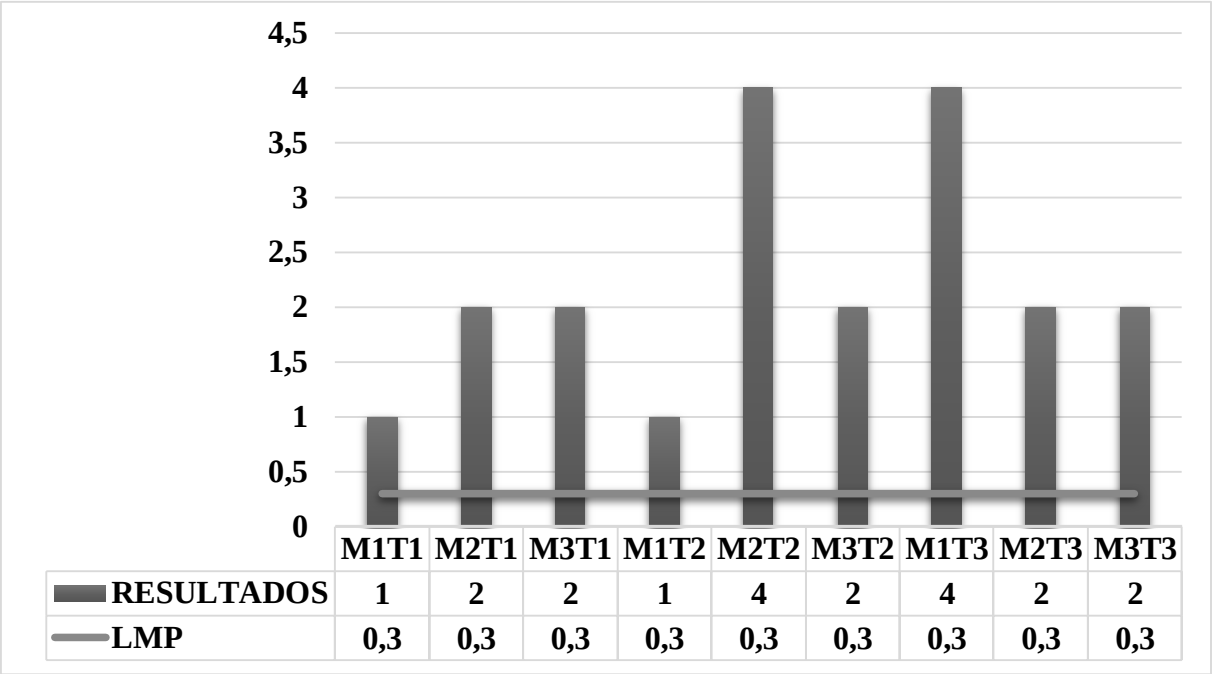
Elaborado por: La Autora

Anexo 39: Resultados de Grasas y Aceites obtenidos

N°	Muestras	Grasas y Aceites $mg.l^{-1}$
1	M1T1	1
2	M2T1	2
3	M3T1	2
4	M1T2	1
5	M2T2	4
6	M3T2	2
7	M1T3	4
8	M2T3	2
9	M3T3	2

Elaborado por: La Autora

Anexo 40: Comparación de los resultados de Grasas y Aceites de las Muestras Tomadas



	M1T1	M2T1	M3T1	M1T2	M2T2	M3T2	M1T3	M2T3	M3T3
RESULTADOS	1	2	2	1	4	2	4	2	2
LMP	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3

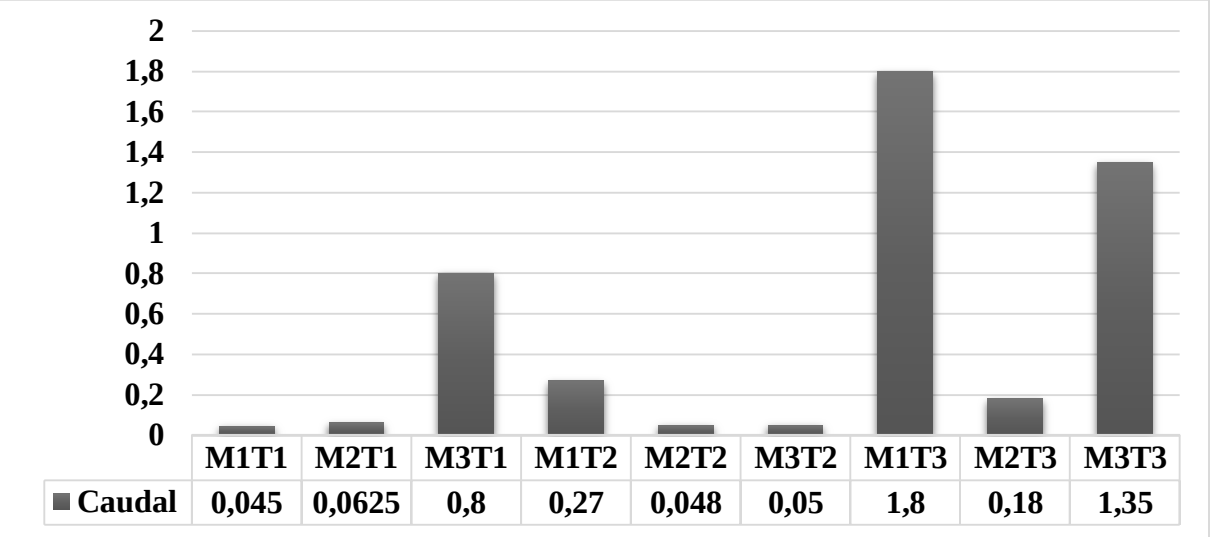
Elaborado por: La Autora

Anexo 41: Resultados de Caudales obtenidos

N°	Muestras	Caudal m^3s-1
D 1	M1T1	0,045
2	M2T1	0,0625
3	M3T1	0,8
4	M1T2	0,27
5	M2T2	0,048
6	M3T2	0,05
7	M1T3	1,8
8	M2T3	0,18
9	M3T3	1,35

Elaborado por: La Autora

Anexo 42: Comparación de los resultados de Caudales de las Muestras Tomadas

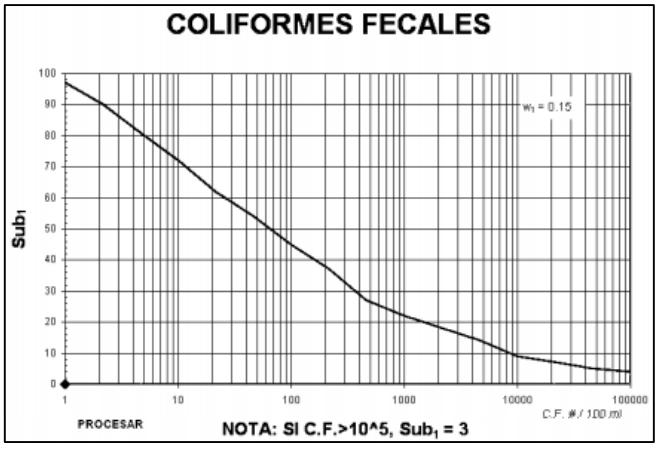


	M1T1	M2T1	M3T1	M1T2	M2T2	M3T2	M1T3	M2T3	M3T3
Caudal	0,045	0,0625	0,8	0,27	0,048	0,05	1,8	0,18	1,35

Elaborado por: La Autora

Anexo 43: Coliformes fecales

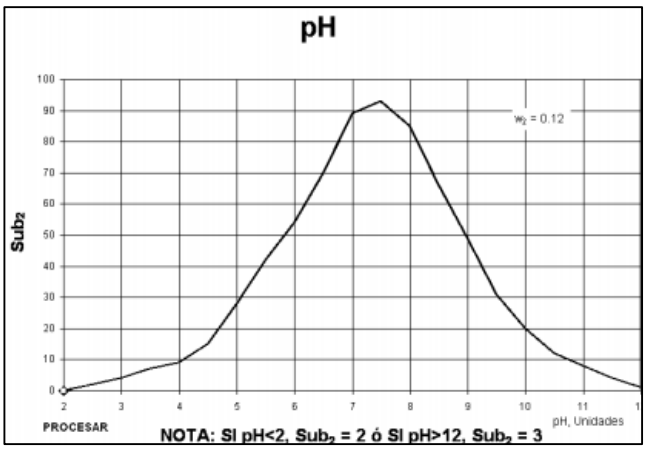
Se debe considerar que si los coliformes fecales son superiores a 100000 Bact.100ml^{-1} el Sub_1 es igual a 3, en cambio si es menor, el valor de Sub_1 el mismo debe ser buscado el eje de (X), mismo que se debe interpolar en el eje de las (Y), finalmente este se procede a elevarlo al peso w_i.(SNET, s. f.)



Fuente: SNET,(s. f.) Índice de Calidad del Agua General «ICA». MMARN. Recuperado 7 de mayo de 2021, de: *http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculoICA.pdf*

Anexo 44: pH

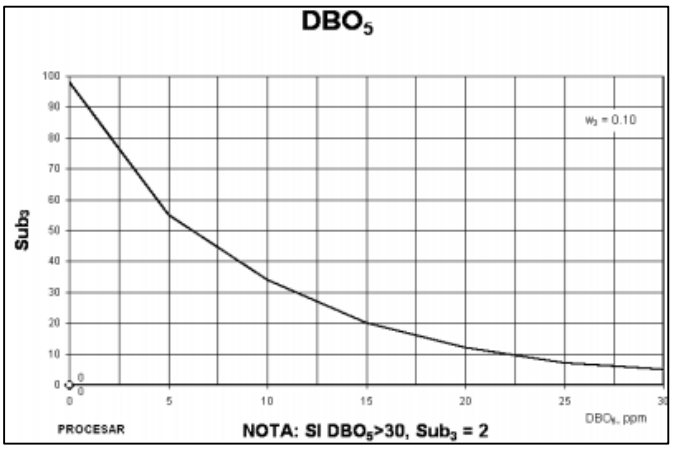
En el caso del pH si el valor es menor o igual a 2 unidades en el Sub_2 este es igual a 2 mientras que si el valor es mayor o igual a 10 unidades el Sub_2 es igual a 3, si el valor se encuentra entre 2 y 10 el Sub_2 se lo debe buscar en el eje de (X) mismo que se debe interpolar al valor en el eje de las (Y), finalmente dicho valor se debe elevarlo al pero w_2.(SNET, s. f.)



Fuente: SNET,(s. f.) Índice de Calidad del Agua General «ICA». MMARN. Recuperado 7 de mayo de 2021, de: *http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculoICA.pdf*

Anexo 45: Demanda Bioquímica de Oxígeno 5 (DBO5)

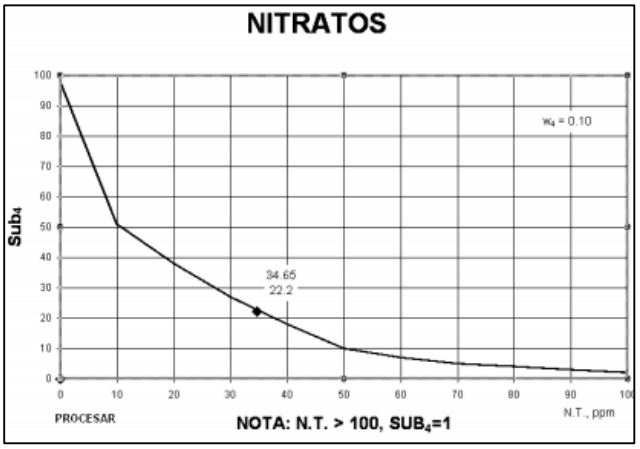
Si DBO5 es mayor a 30 $mg.l^{-1}$ el Sub_3 este es igual a 2, si esta es menor a dicho resultado el mismo debe buscarse en el eje de (X) mismo que se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y) finalmente el valor encontrado en el Sub_3 se lo debe elevar a w_3. (SNET, s. f.)



Fuente: SNET,(s. f.) Índice de Calidad del Agua General «ICA». MMARN. Recuperado 7 de mayo de 2021, de: *http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculoICA.pdf*

Anexo 46: Nitratos

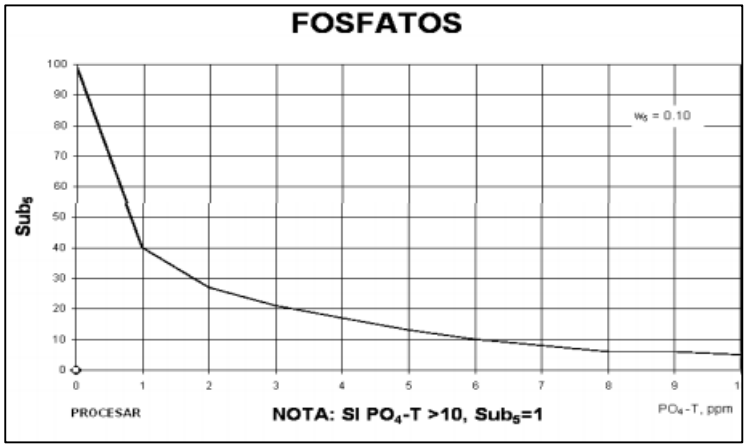
En los Nitratos, si el valor es mayor a 100 $mg.l^{-1}$ el Sub_4 el igual a 2, si el mismo es menor a dicho resultado el valor debe buscarse en el eje de (X) y se lo interpola en el eje de las (Y) una vez que el valor se haya encontrado en el Sub_4 este se procede a elevarlo al peso w_4.(SNET, s. f.)



Fuente: SNET,(s. f.) Índice de Calidad del Agua General «ICA». MMARN. Recuperado 7 de mayo de 2021, de: http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculoICA.pdf

Anexo 47: Fosfatos

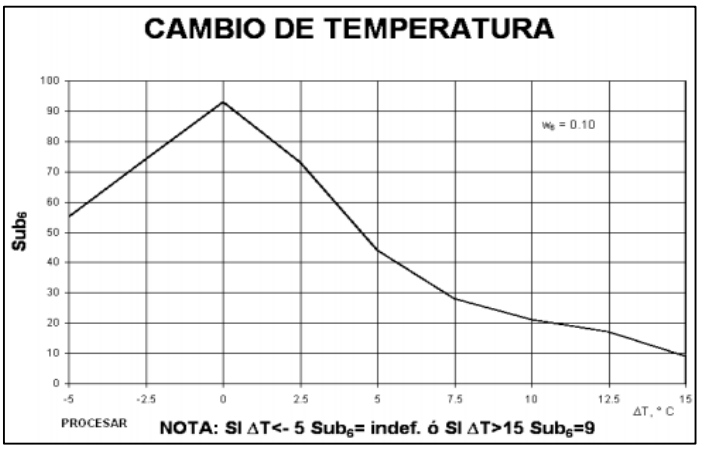
Cuando los fosfatos tiene un resultado mayor a 10 $mg.l^{-1}$ el Sub_5 es igual a 5, si el mismo es menor a 10 $mg.l^{-1}$ el valor se debe buscar en el eje de (x) y se lo interpola en el eje de las (Y), y una vez que este se lo encuentre en el Sub_5 se lo procede a elevarlo al peso w_5.(SNET, s. f.)



Fuente: SNET,(s. f.) Índice de Calidad del Agua General «ICA». MMARN. Recuperado 7 de mayo de 2021, de: http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculoICA.pdf

Anexo 48: Cambio de Temperatura

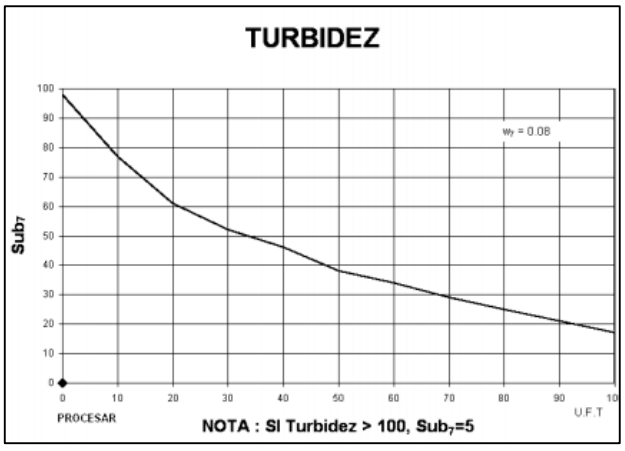
Para poder determinar la valoración de esta, primeramente, se debe tomar en cuenta la diferencia existente entre la $T°_{Ambiente}$ y la $T°_{Muestra}$, una vez que tenemos dicho valor debemos tomar en cuenta que si esta es mayor a 15° el Sub_6 es igual a 9, si este es menor a dicho número su valor se lo debe buscar en el eje de (X) y se lo interpola en el eje de las (Y), una vez que se encuentra el valor de Sub_6 esto se procede a elevarlo al peso w_6.(SNET, s. f.)



Fuente: SNET,(s. f.) Índice de Calidad del Agua General «ICA». MMARN. Recuperado 7 de mayo de 2021, de: *http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculoICA.pdf*

Anexo 49: Turbidez

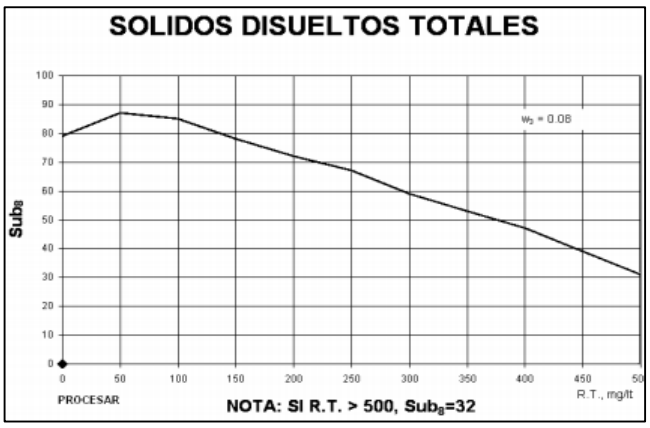
Si la turbiedad es mayo a 100 FAU en el Sub_7 es igual a 5, si es menor a dicho número, el mismo se lo debe buscar en el eje de (X) y se procede a interpolarlo en el valor del eje de las (Y), el valor que se lo ha encontrado en el Sub_7 este se lo procede a elevarlo al peso w_7.



Fuente: SNET,(s. f.) Índice de Calidad del Agua General «ICA». MMARN. Recuperado 7 de mayo de 2021, de: http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculoICA.pdf

Anexo 50: Sólidos Disueltos Totales (TDS)

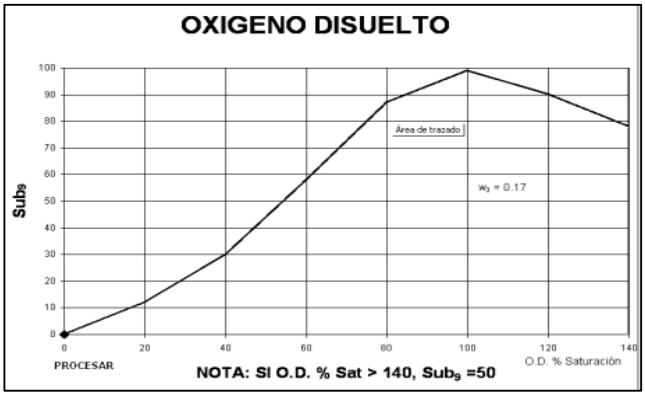
Si los TDS son mayores a 500 $mg.l^{-1}$ en el Sub_8 es igual a 3, si el mismo es menor a dicho resultado, el valor debe ser buscado en el eje de (X) el cual se procede a interpolar al valor de las (Y). El valor que hemos encontrado en el Sub_8 el resultado se debe elevarlo al peso w_8. (SNET, s. f.)



Fuente: SNET,(s. f.) Índice de Calidad del Agua General «ICA». MMARN. Recuperado 7 de mayo de 2021, de: *http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculoICA.pdf*

Anexo 51: Oxígeno Disuelto (O.D.)

Si el OD es mayor a 140° es igual a 47, si el mismo es menor, dicho valor se lo debe buscar en el eje de las (X) y se lo debe interpolar en el eje de las (Y), una vez que este ha sido encontrado en el Sub_9 se procede a elevarlo al peso w_9.(SNET, s. f.)



Fuente SNET,(s. f.) Índice de Calidad del Agua General «ICA». MMARN. Recuperado 7 de mayo de 2021, de: *http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculoICA.pdf*