



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
SEDE ORELLANA
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL

**CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LA
PLANTA POTABILIZADORA CAPTADA DEL RIO PAYAMINO,
CANTÓN FRANCISCO DE ORELLANA**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AMBIENTAL

AUTORES: MASABANDA PORTERO LUZ MARIBEL

VEGA PALADINES ULMER NICOLAS

DIRECTORA: Ing. GREYS CAROLINA HERRERA MORALES Msc.

El Coca – Ecuador

2023

© 2023, Luz Maribel Masabanda Portero & Ulmer Nicolas Vega Paladines

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, MASABANDA PORTERO LUZ MARIBEL y VEGA PALADINES ULMER NICOLAS, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

El Coca, 09 de marzo del 2023



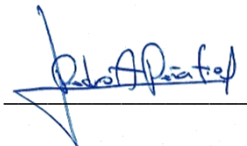

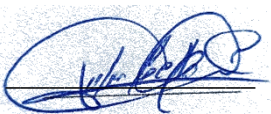
Masabanda Portero Luz Maribel
2200153589



Vega Paladines Ulmer Nicolas
2200139547

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
SEDE ORELLANA
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación **CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LA PLANTA POTABILIZADORA CAPTADA DEL RIO PAYAMINO, CANTÓN FRANCISCO DE ORELLANA**, realizado por los señores **LUZ MARIBEL MASABANDA PORTERO y ULMER NICOLAS VEGA PALADINES** ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Pedro Andres Peñafiel Arcos Msc. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023-03-09
Ing. Greys Carolina Herrera Morales Msc. DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-03-09
Ing. Julio Rolando Coello Cabezas Msc. ASESOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-03-09

DEDICATORIA

Este trabajo dedico a mi familia, especialmente María Paladines y Gregorio Vega, mis padres que han sido pilares de mi vida, gracias al sacrificio de ellos estoy alcanzado un logro más en mi vida. A mis demás familiares y amistades que estuvieron durante esta etapa de mi vida con consejos, apoyo y aportando con su cariño incondicional, gracias a todas estas personas pude continuar y lograr este gran objetivo en mi vida.

Ulmer

El presente trabajo investigativo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis padres Segundo Masabanda y María Portero y a mi hijo Sebastián Masabanda por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. Ha sido el orgullo y el privilegio de ser su hija y madre, son los mejores padres.

A mis hermanas (os) y demás familiares y amigos (as) por estar siempre presentes, acompañándome y por el apoyo moral, que me brindaron a lo largo de esta etapa de mi vida.

Luz

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, doy infinitamente gracias a Dios por haberme dado fuerza y valor para culminar esta etapa profesional.

A mi familia por la confianza y apoyo incondicional, quienes en el trayecto de mi vida me han demostrado su amor, corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos.

A todos los maestros de la Universidad ESPOCH Sede Orellana que a lo largo de mi carrera supieron compartir conmigo sus conocimientos para mi formación profesional y en especial a la Ing. Greys Herrera e Ing. Julio Coello tutor y miembro de esta investigación quienes, con sus conocimientos, sus experiencias, su paciencia y sus motivaciones han logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito.

Al Ing. Enrique Elizalde e Ing. Cristhian Castillo, por toda la colaboración brindada, su tiempo y paciencia durante la elaboración de este proyecto.

Ulmer

Agradezco a Dios por bendecirme en la vida, por guiarme a lo largo de mi existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

A mis padres, hijo y esposo por ser los principales promotores de mis sueños, por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, valores y principios que me han inculcado.

A mi amiga Carilyn Correa por apoyarme cuando más las necesito, por extender su mano en momentos difíciles y por el amor brindado cada día.

A todos los docentes de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo sede Orellana, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación para mi profesión, de manera especial, a la Ing. Greys Herrera e Ing. Julio Coello tutor y miembro de esta investigación quienes me han guiado con su paciencia, y su rectitud como docentes, han logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito.

Al Ing. Enrique Elizalde e Ing. Cristhian Castillo, por toda la colaboración brindada, su tiempo y paciencia durante la elaboración de este proyecto.

Luz

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN	xiii
SUMMARY	ix
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA.....	3
1.1. Planteamiento del Problema	3
1.2. Limitaciones y delimitaciones	4
1.2.1. <i>Limites</i>	4
1.2.2. <i>Delimitaciones</i>	5
1.2.2.1 <i>Información geográfica</i>	5
1.3. Problema General de Investigación.....	5
1.4. Problemas específicos de investigación.....	6
1.5. Objetivos	6
1.5.1. <i>Objetivo General</i>	6
1.5.2. <i>Objetivos Específicos</i>	6
1.6. Justificación	6
1.6.1. <i>Justificación teórica</i>	7
1.6.2. <i>Justificación metodológica</i>	7
1.7. Hipótesis	8

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO	9
2.1. Características físicas y químicas del agua	9
2.1.1. <i>Características Físicas</i>	9
2.1.1.1. <i>Color</i>	9
2.1.1.2. <i>Turbidez</i>	10
2.1.1.3. <i>Temperatura</i>	10
2.1.1.4. <i>Conductividad</i>	10

2.1.1.5. <i>Ph</i>	10
2.1.1.6. <i>Sólidos</i>	11
2.1.2 <i>Características Químicas</i>	11
2.1.2.1. <i>Cloruros</i>	11
2.1.2.2. <i>Alcalinidad</i>	11
2.1.2.3. <i>Dureza</i>	12
2.1.2.4. <i>Grupo Nitrógeno</i>	12
2.1.2.5. <i>Cromo</i>	12
2.1.2.6. <i>Demanda Bioquímica de Oxígeno</i>	12
2.1.2.7. <i>Demanda Química de Oxígeno</i>	13
2.1.2.8. <i>Relación DBO/DQO</i>	13
2.1.2.9. <i>Nitritos</i>	13
2.1.2.10. <i>Nitratos</i>	13
2.1.2.11. <i>Cloro libre residual</i>	14
2.1.2.12. <i>Oxígeno Disuelto</i>	14
2.1.2.13. <i>TpH</i>	14
2.1.3 <i>Microbiología del Agua</i>	15
2.1.3.1. <i>Microbiología del agua</i>	15
2.1.3.2. <i>Examen Bacteriológico del agua</i>	15
2.1.3.3. <i>Coliformes totales</i>	15
2.1.3.4. <i>Coliformes fecales</i>	15
2.1.4 <i>Muestreo</i>	16
2.1.4.1. <i>Muestras Simples o Puntuales</i>	16
2.1.4.2. <i>Localización de puntos de muestreo</i>	16
2.1.4.3. <i>Frecuencia de muestreo</i>	16
2.1.4.4. <i>Aparatos de Obtención de muestras de agua</i>	17
2.1.4.5. <i>Cantidad de Muestra</i>	17
2.2. <i>Línea base</i>	17
2.2.1. <i>Planificación</i>	17
2.2.2. <i>Alcance</i>	17
2.2.3. <i>Tiempo</i>	18
2.2.4. <i>Agua de río</i>	18
2.3. <i>Base legal</i>	21
2.3.1. <i>Constitución de la República del Ecuador</i>	21
2.3.1.1. <i>Derechos del buen vivir</i>	21
2.3.1.2. <i>Régimen de desarrollo.</i>	22

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO	24
3.1. Enfoque de investigación	24
3.2. Nivel de Investigación	24
3.3. Diseño de investigación	24
3.3.1. Según la manipulación o no de la variable independiente	25
3.3.2. Según las intervenciones en el trabajo de campo	25
3.4. Tipo de estudio	25
3.5. Población y Planificación, selección y cálculo del tamaño de la muestra	25
3.6. Métodos, técnicas e instrumentos de investigación	27
3.6.1. Parámetros analizar	27
3.6.2. Caracterización física del líquido vital	27
3.6.2.1. Turbiedad	27
3.6.2.2. Conductividad	28
3.6.2.3. pH y Temperatura	28
3.6.3. Caracterización química del agua	28
3.6.3.1. Coliformes fecales	28
3.6.3.2. Demanda química de oxígeno	28
3.6.3.3. Nitritos	29
3.6.3.4. Nitratos	29
3.6.3.5. Oxígeno Disuelto	30
3.6.3.6. TpH	30
3.6.4. Metodología para caracterizar la calidad de agua	31
3.7. Localización y Duración del Proyecto	31
3.7.1. Localización	31
3.7.2. Lugar para el desarrollo de las muestras de laboratorio	32
3.7.3. Levantamiento de la información base del Río Payamino y de agua Potabilizadora los Álamos	32
3.7.4. Análisis de la calidad de agua	32

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	33
4.1. Levantamiento de información del río Payamino y de la planta potabilizadora Los Álamos	33
4.1.1. Río Payamino	33

4.1.1.1. <i>Clima</i>	33
4.1.1.2. <i>Temperatura</i>	33
4.1.1.3. <i>Humedad relativa</i>	33
4.2. Sobre la Planta potabilizadora los Álamos.	34
4.3. Análisis de resultados de aceptación de calidad de los consumidores	36
4.4. Resultados de los análisis físicos, químicos y microbiológicos del agua	44
4.5. Alternativas de mejoramiento de la planta potabilizadora	49
CONCLUSIONES	57
RECOMENDACIONES	58
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-4: Caracterización de las muestras de agua del río Payamino	44
Tabla 2-4: Cumplimiento de normativa del agua del río Payamino	45
Tabla 3-4: Caracterización de las muestras de agua en la planta potabilizadora	47
Tabla 4-4: Cumplimiento de normativas del agua de la planta potabilizadora.....	48
Tabla 5-4: Cronograma de monitoreo anual de los parámetros a analizar.....	54

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-3:	Mapa Fuentes hídricas Cantón Francisco de Orellana	31
Ilustración 1-4:	Humedad relativa	34
Ilustración 2-4:	Captación de agua del río Payamino.....	35
Ilustración 3-4:	Planta potabilizadora Los Álamos	36
Ilustración 4-4:	Sexo de los encuestados.....	36
Ilustración 5-4:	Educación de los encuestados	37
Ilustración 6-4:	Edad de los encuestados	38
Ilustración 7-4:	Tipo de vivienda	38
Ilustración 8-4:	Tiene el servicio de agua potable en su vivienda.....	39
Ilustración 9-4:	De acuerdo con la apreciación que tiene del agua potable que llega a su domicilio. ¿Cuál es su criterio de calidad?.....	40
Ilustración 10-4:	Color del agua.....	40
Ilustración 11-4:	Derechos de consumidor.....	41
Ilustración 12-4:	Frecuencia de agua.....	42
Ilustración 13-4:	Consumo de agua.....	42
Ilustración 14-4:	Percepción de pago.....	43
Ilustración 15-4:	Origen del agua.....	44
Ilustración 16-4:	Caracterización de las muestras de agua en el río Payamino.....	45
Ilustración 17-4:	Caracterización de las muestras de agua en la planta potabilizadora.....	48

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: TOMA DE MUESTRAS

ANEXO B: TOMA DE DATOS

ANEXO C: VERIFICACIÓN DE EQUIPOS

ANEXO D: REALIZACIÓN DE ENCUESTAS

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue determinar la calidad de agua para el consumo humano de la planta potabilizadora “Los Álamos” captada del río Payamino, cantón Francisco de Orellana. La presente investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la planta potabilizadora del cantón. Para la toma de muestra se realizó con una frecuencia que permitió la caracterización física, química y microbiológica, la cual fue el tomar 1 muestra por efluente y una muestra por el afluente, estas tomas fueron realizadas con un espacio de tiempo de 3 días a partir del inicio de trabajo de campo hasta alcanzar 3 muestras de cada uno de los puntos determinados por motivo del estudio; las muestras de agua se tomaron técnicamente como lo indican los diferentes procedimientos para este fin y luego trasladadas hasta un laboratorio acreditado de la provincia de Orellana. Los parámetros que se midieron fueron Turbiedad, Conductividad, Temperatura, pH, Demanda química de oxígeno (DQO), Coliformes fecales, Oxígeno disuelto, TPH, Nitratos y Nitritos. Los resultados de las pruebas físicas, químicas y microbiológicas en comparación con la normativa se ajustan todas a los límites por lo que se pudo concluir que las características del agua que provee la planta potabilizadora los Álamos es de buena calidad y cumple con los niveles mínimos requeridos; por lo que se recomienda realizar un estudio en la red de distribución para corroborar el resultado.

Palabras clave: <CONTAMINACIÓN DE AGUA>, <PLANTA POTABILIZADORA>, <CARACTERIZACIÓN DE AGUA>, <PUERTO FRANCISCO DE ORELLANA (CANTÓN)>, <RED DE DISTRIBUCIÓN>, <PAYAMINO (RIO)>.

LEONARDO MEDINA

22-03-2023.





0585-DBRA-UTP-2023

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the quality of water for human consumption from "Los Alamos" drinking water treatment plant, located in the Payamino river, in Francisco de Orellana. The present investigation was carried out at the local drinking water treatment plant. Sampling was carried out with a frequency that allowed physical, chemical and microbiological characterization, which was taking one sample per effluent and one sample per tributary; these samples were taken over a period of 3 days from the beginning of the field work until 3 samples were taken from each of the points determined for the study; the water samples were taken technically as indicated by the different procedures for this purpose and then transferred to an accredited laboratory in the province of Orellana. The parameters measured were turbidity, conductivity, temperature, pH, chemical oxygen demand (COD), fecal coliforms, dissolved oxygen, TPH, nitrates, and nitrites. The results of the physical, chemical, and microbiological tests, compared with the standards, all meet the limits, so it can be concluded that the characteristics of the water provided by the "Los Alamos" water treatment plant are of good quality and meet the minimum required levels; therefore, a study of the distribution network is recommended to corroborate the results.

Keywords: < WATER CONTAINMENT>, <WATER TREATMENT PLANT>, <WATER CHARACTERIZATION>, <PUERTO FRANCISCO DE ORELLANA (CITY)>, <DISTRIBUTION NETWORK>, <PAYAMINO (RIVER)>.

Lcdo. ERICH G. GUAMÁN C. MGS
N° Registro 1031-2022-2415785
★ ENGLISH PROFESSOR
Orellana - Ecuador

INTRODUCCIÓN

A lo largo del tiempo, especialmente en las últimas décadas el ambiente a nivel global ha sufrido una paulatina disminución y pérdida de su calidad ambiental, a consecuencia de las actividades antropológicas como las explotaciones de recursos naturales, desarrollo de industrias, incremento demográfico, incremento de urbanizaciones, junto a una presión socioambiental lo que ha provocado un deterioro de los ecosistemas y una pérdida de la capacidad de renovabilidad de estos. Una de las provincias del Ecuador considerada como punto caliente de biodiversidad es Orellana debido a su ubicación geográfica y cambios climáticos que se producen en ella. A nivel mundial, las tierras agrícolas reciben anualmente cerca de 115 millones de toneladas de fertilizantes nitrogenados minerales. Alrededor del 20 por ciento de estos insumos de nitrógeno terminan acumulándose en los suelos y la biomasa, mientras que el 35 por ciento acaba en los océanos.

Los medios acuáticos han sido fundamentales para el desarrollo del ser humano, ya que desde siempre se los ha utilizado como fuente de recursos por las diferentes bondades que estos brindan, son de gran utilidad e importancia, se los puede aprovechar a nivel doméstico, industrial, incluso recreativo. En las últimas décadas, el desarrollo industrial, el crecimiento demográfico, el avance de las producciones agrícolas y ganaderas han generado un aumento de presión sobre este recurso provocando una degradación del mismo. Para ratificar este concepto es necesario mencionar que el informe de la FAO explica que la ganadería utiliza el 30% de la superficie terrestre del planeta y ocupa un 33% de toda la superficie cultivable, destinada a producir forraje. La tala de bosques para crear pastos es una de las principales causas de la deforestación, en especial en Latinoamérica, donde el 70% de los bosques que han desaparecido en el Amazonas se han dedicado a pastizales.

Es por ello que en esta investigación se plantearon los siguientes objetivos:

- Determinar la calidad del agua para el consumo humano de la planta potabilizadora captada del río Payamino, cantón Francisco de Orellana.
- Levantamiento de información del afluente y efluente del agua proveniente de la planta potabilizadora Los Álamos.
- Analizar los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua de ingreso y salida de la planta potabilizadora, comparando con la normativa INEN 1108 y el Acuerdo Ministerial 097 A Anexo 1.

- Proponer alternativas de mejoramiento en función del diagnóstico y caracterización del agua del sistema de tratamientos de agua potable.

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del Problema

En el cantón Puerto Francisco de Orellana, el desconocimiento sobre la calidad de agua y la desinformación acompañada de mitos hace que la población genere un descontento sobre el servicio de agua potable. Es por ello que en los últimos meses el continuo reclamo de los usuarios en las oficinas de la planta potabilizadora Los Álamos ha tenido un incremento significativo. Por ese particular, la planta mediante su departamento de calidad solicita a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, realice una investigación para caracterizar la calidad de agua, este pedido se lo canaliza mediante la elaboración de un trabajo de Integración Curricular con la carrera de Ingeniería Ambiental, del cual somos parte.

El agua es un elemento primordial para el desarrollo de la vida y de distintas actividades productivas que se ha visto afectada por el crecimiento industrial y demográfico, produciendo un impacto ambiental negativo. Debido que los cuerpos de agua son considerados como un receptor interminable de residuos de diferente origen o composición, ya sean estos líquidos o sólidos, son arrojados a cuerpos de agua como ríos sin ningún tipo de tratamiento y en grandes cantidades, sin medir el impacto que puede ocasionar en los ríos.

La vida en el planeta no sería posible sin el agua, las sequías que cada vez son más extremas han puesto en evidencia la fragilidad de los ecosistemas cuando falta este recurso, de la misma manera la limitación de ciertas poblaciones al acceso a agua potable es cada vez más común en diferentes partes del mundo como resultados de los efectos del calentamiento global. Estos acontecimientos sumados a los diversos tipos de contaminación del agua generan como resultado una mala calidad del agua disponible, lo cual conlleva a ser un peligro y una amenaza para la salud pública, la contaminación del agua tiene varios orígenes y todos ellos están ligados con las actividades humanas.

El destino final de la basura generada y arrojada a los diferentes ríos en todo el mundo, terminan en los océanos y mares, especialmente el plástico que es uno de los productos más utilizados por los seres humanos, cada año aproximadamente 8 millones de plástico son desechados en todo el mundo, lo que trae como consecuencia que la vida en los diferentes ecosistemas se vean afectadas, según informes de la Organización de Naciones Unidas. La contaminación del agua para la Organización Mundial de la Salud es aquella cuya “composición haya sido modificada de modo

que no reúna las condiciones para el uso que se le hubiera destinado en su estado natural” (OMS, 2020). Los sectores de la población más afectados por la contaminación del agua, suelen ser los sectores marginados, en donde existe extrema pobreza, exclusión social etc. Se calcula que actualmente cerca de 502,000 personas pierden la vida al año por diarrea, que es causada por la contaminación del agua. Por lo que las grandes preocupaciones en la actualidad ya que sin agua de buena calidad no se podría garantizar el bienestar del ambiente, animales, plantas y los seres humanos.

Los cuerpos de agua, principalmente se ven afectados por el vertido de materiales contaminantes, los cuales proceden generalmente de la industria, de la ganadería, ya que es ahí donde van a parar los residuos de insecticidas, herbicidas, fungicidas, que se utilizan en la agricultura, y además de desechos generados domésticamente en nuestro día a día.

Podemos mencionar que, entre los factores de contaminación, la deforestación es una de las causas trascendentes de la contaminación del líquido vital. La tala de árboles es una actividad que contribuye en gran medida a la contaminación debido a que sus sedimentos van a los ríos y son llevados hasta cuerpos más grandes de agua como mares y océanos donde provocan que la calidad del agua para los seres vivos de esos hábitats sea de mala calidad y se vean perjudicados.

1.2. Limitaciones y delimitaciones

1.2.1. Límites

El cantón está situado en la vertiente del Amazonas dentro del sistema hidrográfico denominado “Napo” y la cuenca “Río Napo” correspondiente a los ríos: Napo (Media y Alta), Coca y Curaray; además, dispone de diversas fuentes de agua como: ríos, lagunas, entre otros. En algunos casos, sus aguas no cumplen con los parámetros mínimos de calidad para su consumo directo, atribuido principalmente al alto contenido de sedimentos y a la contaminación generalmente de origen antrópico (GAD Coca, 2012, pp. 20-22).

El río Payamino atraviesa el territorio de la provincia de Napo, recorre los cantones de El Chaco, Quijos y Orellana; el río nace en el cerro Pan de Azúcar, posterior a eso sigue con un rumbo al norte hacia el sur, posteriormente en orientación sureste, entre los ríos Coca al norte y Napo al sur, hasta desembocar en este último junto a la ciudad de Puerto Francisco de Orellana, en el mismo lugar que lo hace el río Coca. El río tiene como afluentes el Cachiyacu, el Vigay y el Tutapiascu por el margen derecho, podemos mencionar que es aquí en este río en donde se toma

agua para potabilizarla y posteriormente distribuirle en la localidad, por lo tanto, es importante limitar la zona de toma de muestras para determinar su calidad.

1.2.2. Delimitaciones

En el río Payamino ubicado en el cantón Francisco de Orellana en el año 2022 en los meses de mayo – agosto, las delimitaciones geográficas de la investigación es la ubicación territorial expresadas anteriormente, las mediciones que se aplicarán se encuentran especificadas en los objetivos específicos que son analizar los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua que ingresa y posteriormente sale de la planta potabilizadora. El trabajo de investigación se desarrolla junto con la dirección y asesoría de profesionales de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Sede Orellana.

1.2.2.1. Información geográfica

El río Payamino está ubicado en la provincia Francisco de Orellana en Ecuador, está clasificado dentro de una corriente (class H – Hidrográfica). En relación con la información geográfica de este afluente se pueden mencionar que posee: 0°27'0'' W : Latitud -0.45, Longitud: -77.0, UFI: -931710, UNI: -1378165, UTM: TE75, JOG: SA18-01 (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Francisco de Orellana, 2012).

1.3. Problema General de Investigación

Las diferentes actividades comerciales como la ganadería y agricultura contaminan los ríos, sin embargo, estas actividades no son las acciones que determinan la contaminación de manera específica, puesto que al recorrer varios kilómetros se van acumulando diferentes contaminantes químicos y físicos, todos estos aportan con su cuota de daño, también la agricultura con sus fertilizantes, y la ganadería con sus desechos orgánicos. Por ejemplo, las tierras agrícolas reciben anualmente cerca de 115 millones de toneladas del cual 35% acaba en los ríos y la ganadería de forma similar con sus desechos, el 89,40% de las áreas del cantón Francisco de Orellana corresponde a la ganadería y sin dejar de lado las descargas de aguas servidas.

Por lo mencionado anteriormente, debemos considerar que el río Payamino no está exento de esta problemática, pero que al ser la fuente de la cual se tiene el agua para posteriormente ser potabilizada y consumida por los habitantes de la localidad, surge la necesidad de caracterizar su agua, por lo tanto, la pregunta que nos motiva a realizar esta investigación es: ¿El agua tratada de

la planta potabilizadora los Álamos que proveniente del río Payamino es apta para el consumo de los habitantes del cantón Francisco de Orellana?

1.4. Problemas específicos de investigación

Los problemas que esta investigación busca solucionar, es el conocer el nivel de contaminación que mantiene el agua proveniente del río Payamino, puesto que este es quien abastece a la planta potabilizadora los Álamos en el cantón Francisco de Orellana, es por ello la necesidad de conocer la calidad del agua que aporta este afluente.

Las preguntas que nos motivan son las siguientes.

¿Cuáles son los niveles de contaminantes químicos y microbiológicos que posee el río Payamino?

¿Qué contaminantes son los de mayor incidencia en la contaminación de las aguas del río Payamino?

¿Cuáles son las recomendaciones que se pueden sugerir para mejorar la calidad del agua en la planta potabilizadora los Álamos?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Determinar la calidad del agua para el consumo humano de la planta potabilizadora captada del río Payamino, cantón Francisco de Orellana.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Levantar información del afluente y efluente del agua proveniente de la planta potabilizadora Los Álamos.
- Analizar los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua de ingreso y salida de la planta potabilizadora, comparando con la normativa INEN 1108 y el Acuerdo Ministerial 097 A Anexo 1.
- Proponer alternativas de mejoramiento en función del diagnóstico y caracterización del agua del sistema de tratamientos de agua potable.

1.6. Justificación

Los procesos productivos como la ganadería, la agricultura y los desechos orgánicos que se desprenden de la vida cotidiana de los seres humanos, generan residuos que en su gran mayoría terminan contaminando fuentes hídricas como lagunas, vertientes, y ríos. Con la finalidad de cubrir la demanda del servicio de agua potable para el consumo doméstico a nivel local y mundial ha sido necesario la implementación de plantas potabilizadoras que transformen agua contaminada en una apta para el consumo humano. En el caso de la provincia Francisco de Orellana al tener como fuente de agua al río Payamino el cual abastece a la planta potabilizadora los Álamos se convierte en una prioridad el conocer sus características físicas, químicas y microbiológicas de contaminación, con el propósito de determinar si los tratamientos que se está aplicando son los adecuados, para de esa manera poder sugerir procesos de mejora que contrarresten la problemática.

1.6.1. Justificación teórica

La contaminación y poco cuidado que le damos al medio ambiente ha generado consecuencias, mismas que cada vez se va más de nuestras manos, por lo que es importante tomar conciencia de ello y actuar a tiempo para alargar la vida de nuestro ecosistema y los recursos renovables. Siendo así, el agua es uno de los recursos vitales más importantes para la existencia de los seres vivos en general.

Se conoce que solamente el 0,0001% de la Hidrósfera corresponde al agua utilizable, por lo que para conservar este recurso es importante cuidarla, librarla de toda contaminación que se genera a partir de sectores urbanos e industriales y evitar el mal uso de ella. Es necesario que las interacciones con los otros recursos naturales como el suelo, hace que se convierta en un aspecto de incidencia en la sociedad humana y estas son las manifestaciones de vida de millones de personas y seres vivos en general.

1.6.2. Justificación metodológica

El líquido vital, al estar en la superficie y por lo tanto en contacto con agentes de diferentes características como es el aire, el suelo, la vegetación y el subsuelo. Estos agentes incorporan parte de los mismos por disolución, así mismo en el lugar de muchos gases que intercambian es importante incorporar la presencia o existencia de seres vivos, estos se desarrollan en medios donde el agua es el principal medio de su desarrollo vital. En estos casos podemos mencionar la existencia de varios de los compuestos más comunes que se encuentran el agua dulce, como por ejemplo el carbono, siendo este elemento el de mayor presencia, así también los bicarbonatos, por lo que podemos mencionar además que existe una gran presencia de cloruros sulfatos y nitritos,

luego tenemos los elementos de menor proporción, dentro de los que podemos detallar a los minoritarios o de baja presencia, como los fosfatos y silicatos, el agua de lluvia presenta los cationes: Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} los aniones: HCO_3^- , Cl^- , Br^- , I^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , PO_4^{3-} y dióxido de carbono, oxígeno, ozono, nitrógeno, argón, etc.

La conformación natural del agua en su estructura química natural es alterada presuntamente por la presencia de las diversas actividades humanas, entre las principales actividades tenemos la agricultura y la ganadería, que son actividades de alta demanda comercial pero que a su vez generan altas contaminaciones del suelo y agua, al estar cerca de estas acciones e incorporar los contaminantes producto de estas diligencias, degrada significativamente la calidad de agua generando drásticamente efectos nocivos que alteran los ecosistemas acuáticos, a este problema que afecta a la vida de estos ecosistemas, debemos mencionar que la presencia de estos químicos altamente nocivos también afecta a las instalaciones de riego y demás construcciones, que mantienen contacto con este medio, ya que las incrustaciones y las corrosiones afectan de manera significativa a sus infraestructuras, lo que reparar o descontaminar un espacio resulta altamente costoso para las diferentes producciones siendo la agrícola la más afectada ya que al ocupar pesticidas, diferentes tensoactivos, también fenoles y aceites hace que la composición del líquido vital influya en sus propiedades como la densidad, viscosidad, conductividad entre otros

1.7. Hipótesis

H₀. El agua de la planta potabilizadora los Álamos, del cantón Francisco de Orellana cumple con los requisitos mínimos para ser considerada apta para el consumo humano.

H₁. El agua de la planta potabilizadora los Álamos, del cantón Francisco de Orellana no cumple con los requisitos mínimos para ser considerada apta para el consumo humano.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Características físicas y químicas del agua

2.1.1. *Características Físicas*

En el planeta tierra, el agua ocupa alrededor del 70% de toda su superficie, el agua no es otra cosa que un elemento vital para seres vivos, esta se puede encontrar en tres formas o estados que son, líquida, sólida y gaseosa. En su fase líquida toma el nombre de agua como tal, cuando se encuentra solidificada se la llama hielo y si se presenta en estado gaseoso es vapor (Guerrero, 2010, p. 22), las tres fases del agua se cumplen de la siguiente manera, primero llega la lluvia, es decir, su estado líquido, al caer esta se evapora convirtiéndose en gas. Cuando la lluvia se intensifica, cae en forma de granizo tomando su forma sólida al tocar la superficie de la tierra. Esto varía dependiendo las estaciones del año, si estamos en invierno, llega en forma de nieve lo cual representa su estado sólido, cuando ya es verano, el hielo se derrite quedando en estado líquido y debido al calor este líquido termina evaporándose (Guerrero, 2010, p. 17).

2.1.1.1. *Color*

El color que tiene el agua o que comúnmente conocemos es el azul, pero en realidad su color es transparente, lo que ocurre es lo siguiente, el sol transmite luz blanca, esta luz se compone por todo el espectro visible, es decir, las frecuencias que contienen todos los colores que presenta el arco iris, los cuales son violeta, azul, verde, amarillo, naranja y rojo (Villanueva, 2019, p. 58). Todos los objetos tienen la capacidad de absorber colores, pero los que no lo pueden hacer, los transmiten o reflejan, lo mismo ocurre con el agua, esta puede seleccionar el color de la luz que absorbe, por lo tanto, cuando la luz del sol es reflejada sobre ella, esta absorbe el color rojo y lo que presenta es un tono azul ya que es su complementario. Dicho de otra forma, el agua lo que hace es absorber los tonos más cálidos, en este caso el naranja, rojo y amarillo, presentando a su vez tonos como el azul, verde y en ocasiones el violeta (López, 2008, p.45).

Es por esta razón que, al tomar un vaso con agua de la playa, la vemos de un tono transparente, pero cuando la volvemos a arrojar al mar, esta vuelve a tomar el color azul, lo que conlleva a concluir que, a mayor cantidad o volumen de agua, mayor será su capacidad de absorción y viceversa. Generalmente la gente piensa que el color azulado que presenta el agua se debe al reflejo del cielo sobre ella, tal como se puede ver en el mar, sin embargo, aunque hay cierta parte

de verdad en esta teoría, el azul que vemos es lo que presenta luego de absorber la luz, ya que el cielo refleja tan solo con un aproximado del 2% de su color, lo cual es mínimo (López, 2008, p.45).

2.1.1.2. Turbidez

Si el agua presenta partículas, es muy posible que la luz que la atraviesa se disperse por completo perdiendo la capacidad de presentar su color característico. Una manera de identificar si hay partículas en el agua o lo que es lo mismo, su nivel de turbidez, es exponiéndola a turbidímetros, estos instrumentos lo que hacen es proyectar una luz en una cierta cantidad de agua e identificar qué cantidad de luz se dispersa. Concluyendo que mientras más dispersión de luz haya debido a los sólidos, mayor será la turbidez (Vizcarra, 2013, p. 32).

2.1.1.3. Temperatura

El grado de temperatura es el que determina el estado del agua y su variación, por ejemplo para que esta se encuentre líquida, debe permanecer en un nivel de temperatura que va desde encima de los 0°C hasta los 99,98°C que es su nivel de ebullición, si sobre pasa esta temperatura comienza a evaporarse, es decir, empieza su transformación a estado gaseoso, mientras que si se encuentra en una temperatura inferior a los 0°C se dice que está en estado sólido o en punto de fusión (Leñero, 2002, p. 51).

2.1.1.4. Conductividad

Otra característica del agua es la capacidad de transportar corriente eléctrica, a esto se le conoce como conductividad eléctrica, la misma que se expresa en siemens por metro según lo establece el (SIU). Se dice que mientras más movilidad y fluidez tenga el agua, mayor será su capacidad de conductividad (Leñero, 2002, p. 51).

2.1.1.5. pH

El pH es un nivelador de acidez, una sustancia puede ser más o menos ácida dependiendo su valor de pH. En el caso del agua, lo que determina el pH es la solubilidad, es decir, la capacidad que tiene el agua para disolver un sólido, así mismo ayuda a identificar que tanta biodisponibilidad tiene, esto debido a que el agua es el hábitat de una variedad de animales y organismos acuáticos que necesitan abastecerse de nutrientes y metales pesados que solo los pueden encontrar en el agua (Vizcarra, 2013, p. 32).

El elemento que más abunda en el agua es el fósforo, lo que hace el pH es determinar qué cantidad de fósforo hay en el agua para saber si es apta para el consumo de seres acuáticos, así mismo si el pH es bajo, la capacidad de solubilidad actúa de mejor manera ya que los metales pesados se vuelven tóxicos y por ende se disuelven más rápido (Vizcarra, 2013, p. 33).

2.1.1.6. Sólidos

Los sólidos afectan de manera directa a la calidad del agua, ya que una abundante cantidad de minerales la vuelve tóxica sea cual sea su fin, ya que es usada en el sector industrial, en la alimentación y actividades de limpieza del ser humano como bañarse. Estos minerales se encuentran flotando o a su vez disueltos en el agua volviéndola más densa, haciendo que su transparencia se torne a un color a café (Ibarra, 2009, p. 73).

2.1.2. Características Químicas

2.1.2.1. Cloruros

Según la Iowa Department of Natural Resources en su comunicado de 2009, señala que el cloruro es uno de los componentes principales del agua y que se produce en ella de forma natural. Este es un anión inorgánico que proviene de la unión de varios átomos de cloro que tiene como nombre químico "Cl", se presenta en forma de ion modificando su nombre a Cl⁻. Al tener electronegatividad, le da al agua un sabor salado ya que se combina con el sodio (De Sousa, 2010, p. 19).

2.1.2.2. Alcalinidad

El agua tiene la capacidad de neutralizar ácidos, esto se debe a que posee una propiedad conocida como alcalinidad o basicidad, que, a diferencia del pH, lo que hace es identificar qué cantidad de ácido puede absorber una solución, no solo el nivel de acidez. Esta propiedad de alcalinidad del agua viene determinada por la presencia de bicarbonatos, mismos que se encargan de regular los porcentajes de pH. El pH se mide dentro de un rango comprendido entre 6,8 y 7,2 lo cual indica una alcalinidad bicarbonatada (De Sousa, 2010, p. 12). Por lo tanto, ayuda a que el agua resista los cambios en caso de que se le añada un ácido. La alcalinidad se origina por la disolución de carbonatos y bicarbonatos en el agua.

2.1.2.3. Dureza

El agua es dura cuando contiene niveles altos de diferentes minerales y compuestos, especialmente el calcio y el magnesio que son los minerales que más abundan en ella y son los que le dan dureza. La dureza del agua está directamente relacionada con la cantidad de estos elementos, cuanto más cantidad de ellos posea, más dura será el agua. Una característica de este tipo de agua es que no produce espuma con el jabón, lo cual puede alterar el color de prendas de vestir al lavarlas (Rodríguez, 2018).

2.1.2.4. Grupo Nitrógeno

El nitrógeno es un compuesto que se da de forma natural en el ambiente y ayuda al crecimiento de las plantas ya que es uno de sus principales nutrientes. En cuanto al agua, el nitrógeno lo que hace en ella es generar el crecimiento de algas y plantas marinas, este se presenta en forma de nitrato o amonio, sin embargo, en ninguna de las dos presentaciones es tóxico para los seres acuáticos, a menos que forme amoniaco no ionizado lo cual si puede ser letal (Molina y Cordovez, 2010, p. 82).

2.1.2.5. Cromo

El cromo es un elemento químico hexavalente, no posee sabor ni olor, su nombre se representa por -6 o Cr. Si presenta su estado de cromo metálico, puede ser altamente cancerígeno, en ocasiones se encuentra en el agua, lo cual lo vuelve en el principal causante de enfermedades como tumores estomacales y cáncer de pulmón en animales y seres humanos. Sin embargo, este puede eliminarse usando el método de precipitación, en el que interviene el pH y se adicionan productos alcalinos (Molina y Cordovez, 2010, p. 82).

2.1.2.6. Demanda Bioquímica de Oxígeno

Se toma muestras de agua para identificar la cantidad de dióxígeno que posee una vez que la materia orgánica contenida en dicha muestra haya disminuido, en esto consiste la demanda bioquímica de oxígeno, conocida por sus siglas como DBO. Las muestras pasan por un proceso de degradación y oxidación para eliminar los sólidos o materia orgánica, del cual el dióxígeno sobresa debido a su capacidad de mantenerse susceptible al cambio (Barrera, 2016, p. 20).

2.1.2.7. Demanda Química de Oxígeno

En este caso, se utiliza al oxígeno para degradar la materia orgánica de una solución, para esto se recurre al proceso conocido como demanda química de oxígeno o DQM por sus siglas, el cual permite conocer la cantidad de oxígeno que se necesita para este proceso. Mismo que debe realizarse bajo condiciones altas de oxidación en las que intervienen factores importantes como la temperatura y el tiempo (Barrera, 2016, p. 1).

2.1.2.8. Relación DBO/DQO

Para comparar ambos procesos en cuanto a lo que ocurre en cada uno, hay que analizar las muestras de agua, ya que mientras que la DBO solo permite detectar si la materia orgánica contenida en la muestra puede ser degradada biológicamente, la DQO toma todo el material orgánico tanto biodegradable como no biodegradable y lo somete a un proceso de oxidación completa (Catalán, 1990, p. 67).

2.1.2.9. Nitritos

Los nitritos son compuestos que pueden disolverse, se componen de elementos como el oxígeno y el nitrógeno que es del que se derivan estas variantes. Su nomenclatura es NO_2^- pero debido a las condiciones ambientales, este se transforma en nitrato, cambiando su nomenclatura a NO_3^- , lo cual indica que para que el nitrito no cambie su composición debe permanecer en la profundidad del mar (Singler, Bauder, 2012, p. 1).

Pese a su condición, el nitrito es usado para diferentes fines, por ejemplo, la elaboración de explosivos, como fertilizante en el sector industrial y también forma parte de la industria alimentaria en procesos de curación de carnes. Debido a esto, el ser humano ha consumido nitrito en una cantidad aproximada de 0,7 mg al día, cabe destacar que esta cantidad no afecta en la salud del ser humano (Singler, Bauder, 2012, p. 1).

2.1.2.10. Nitratos

El nitrato es un compuesto químico que se encuentra en el ambiente cuya nomenclatura es NO_3^- , este es absorbido por las plantas mediante su proceso de fotosíntesis, por lo general se encuentra en los vegetales ocupando la mayor parte de hojas verdes, lo cual ayuda al crecimiento y buen desarrollo de plantas como, por ejemplo, la lechuga. Debido a esto, el ser humano no está exento

del consumo de nitratos, ya que dentro de sus principales comidas están las ensaladas compuestas por lechuga, espinaca y rábano (Londoño, 2020, p. 5).

2.1.2.11. Cloro libre residual

El agua requiere una limpieza profunda para poder estar apta para el consumo y sus diferentes fines, por lo que el cloro es el más efectivo en este trabajo. El cloro posee una alta capacidad para eliminar todos los agentes maliciosos que se encuentran en el agua, sin embargo, requiere de algunos factores externos para que su función sea efectiva, como una temperatura adecuada del agua y el tiempo necesario de acción.

El agua debe estar libre de desechos como basura o lodo, ya que esto no permite que el cloro pueda actuar y muchos de los organismos maliciosos permanecerán. Por lo tanto, una vez retirados los sólidos, el agua debe estar a una temperatura ambiente que no pase los 18°C, se deposita el cloro y se espera alrededor de 35 minutos para que haga efecto. Luego de esto, se conoce como cloro libre residual a la cantidad de cloro que permanece en el agua después de que este haya eliminado todos los organismos contaminantes (Castro, 2019, p. 19).

.2.1.2.12. Oxígeno Disuelto

La producción y consumo de O₂ por parte de los organismos, hace que la presencia de oxígeno disuelto y el intercambio gaseoso océano-atmósfera de O₂, sea baja. El ingreso de agua de mar con mayor o menor concentración de O₂ produce una mezcla vertical generada por el viento, lo que provoca un consumo de O₂ por desmineralización de materia orgánica (Silva pág. 40).

2.1.2.13. T_{pH}

Los hidrocarburos totales de petróleo (TPH), se componen de compuestos alifáticos y aromáticos, siendo ellos los que forman parte del mayor porcentaje entre otros hidrocarburos. La determinación de los TPH sirve para evaluar sitios que han estado en contacto con estas sustancias y por ende se han contaminado.

Para lograr una limpieza óptima del suelo o agua, es necesario recurrir a niveles máximos de TPH, de esta forma se puede eliminar por completo los hidrocarburos. Este es un sistema establecido por los diferentes organismos encargados de estas actividades, es decir, hay un reglamento que establece los porcentajes adecuados para cada ocasión.

2.1.3. Microbiología del Agua

2.1.3.1. Microbiología del agua

La microbiología del agua es un análisis que consiste en someter a la muestra de agua a diferentes procesos con el fin de determinar qué cantidad de microorganismos se encuentran presentes en dicha muestra. Se aplican ácidos para atacar y eliminar a los microorganismos, estos están contenidos en la materia orgánica que posee el agua, pero no sobreviven a la acidez. Un elemento importante a utilizar es el oxígeno, ya que se encarga de acabar con todos los microorganismos anaerobios (Catalán, 1990, p. 65).

2.1.3.2. Examen Bacteriológico del agua

Es de vital importancia evaluar el agua, tanto sus condiciones como su contenido para eliminar cualquier tipo de agente infeccioso que pueda alterar la salud de quienes manipulen este líquido, ya sea animales o seres humanos que la usan especialmente para hidratarse. Esto se hace a través de filtros que identifican las bacterias existentes para proceder a eliminarlas y así el agua pueda ser consumida (Camilloni, 2007, p. 18).

2.1.3.3. Coliformes totales

Los coliformes totales son bacterias que se encuentran en el ambiente, por lo general en lugares poco higiénicos del suelo y el agua superficial. Una forma de identificar que tan contaminada se encuentra el agua es a través del conteo de coliformes totales, por lo que se requiere de un análisis profundo y sobre todo cloro, para evitar enfermedades al momento del consumo (Navarro, 2007, p. 2).

Este tipo de bacterias es usado para sistemas de fermentación, como, por ejemplo, la lactosa, por lo que tiene una clasificación de acuerdo a su nivel de fermentación. Primero están los coliformes rápidos, que liberan la lactosa de la membrana celular, otra es la de fermentación lenta y por último los no fermentadores que en su caso no poseen enzimas (Navarro, 2007, p. 2).

2.1.3.4. Coliformes fecales

Estas bacterias conocidas científicamente como *Escherichia coli*, poseen una estructura diferente a las coliformes totales, se originan en el intestino del hombre y se transmite por el contacto de

las heces fecales, razón por la que algunos animales terminan adquiriéndola, provocándoles serios problemas intestinales.

Es importante realizar tratamientos para identificarlas, debido a que existen varios tipos de *Escherichia coli*, que, si bien no todos afectan de la misma manera, algunos pueden ser tan peligrosos que pueden llevar a la muerte del ser humano. Así mismo, se han identificado otras vías de transmisión como es el caso del agua de consumo, cuando no se verifica su nivel de contaminación (Mora, Calvo, 2010, p. 36).

2.1.4. Muestreo

2.1.4.1. Muestras Simples o Puntuales

Para hacer un análisis del agua, es necesario recurrir a muestras, estas pueden ser simples o puntuales, y consisten en lo siguiente; se toma una cantidad de solución de un lugar y tiempo determinados, esta es analizada de forma individual y se la conoce como muestra puntual. Ahora, si se toman varias cantidades como muestra, es decir, existen varios puntos de vertido o contaminados, se conoce como muestra simple (Prado y Sánchez, 2017, p. 25).

2.1.4.2. Localización de puntos de muestreo

Se conoce como punto de muestreo al lugar de donde se van a obtener las muestras que van a ser analizadas, este puede ser superficial si es en la tierra o de profundidad si se lo va a realizar en el mar, este lugar debe ser accesible para que, tanto el traslado del personal como de las muestras, se realice sin ningún inconveniente (Barreto, 2009, p. 5).

2.1.4.3. Frecuencia de muestreo

Las muestras deben ser tomadas bajo diferentes tiempos, dependiendo el destino final del agua de donde se tomó la muestra, por ejemplo, en el caso de análisis de agua potable, los muestreos pueden ser mensuales, trimestrales o hasta máximo 8 veces al año (Prado y Sánchez, 2017, p. 25). Determinando así, que la frecuencia de muestreo corresponde al número de muestras que se toman por período de tiempo y pueden variar con el fin de transformar las señales de tiempo continuo de analógicas a digitales (Reutelshöfer y Guzmán, 2015, p. 11).

2.1.4.4. Aparatos de Obtención de muestras de agua

Para tomar muestras de agua se requiere de materiales adecuados y totalmente desinfectados, en este caso, se usa un cilindro metálico, que por su forma, facilita el traslado de la muestra. Se lo conoce como cilindro toma muestras y debe contar con un interior compacto para evitar el derrame del líquido, así como un cierre o tapa a presión que garantice la cantidad y estado del agua hasta llegar a su lugar de análisis (Pérez, 2014, p. 74).

2.1.4.5. Cantidad de Muestra

La cantidad de muestra depende del lugar y razón de análisis, por lo general, el agua se recoge en frascos de aproximadamente 1 litro, es importante que se llene por completo para evitar el ingreso de oxígeno que pueda alterar la muestra. Posterior a esto se lleva el frasco a una incubadora, donde deberá reposar hasta el momento del análisis (Pérez, 2014, p. 49).

2.1.5. Línea base

2.1.6. Planificación

Antes de poner en marcha cualquier tipo de proyecto, es importante primero hacer una planificación, esta debe estar estructurada por fechas, lugares y registros de todo el proceso a realizar para que la ejecución sea exitosa y no se presenten inconvenientes en la fase de desarrollo por falta de control. Lo siguiente es cumplir con todo lo planificado, para esto se requiere de objetivos que deben ser evaluados constantemente, y así no perder el hilo del trabajo hasta que este haya finalizado (Villalaz, 1999, p. 3).

2.1.7. Alcance

El alcance define todos los procesos que deben llevarse a cabo para que el proyecto se desarrolle y se cumpla. Este mantiene una relación estrecha con el tiempo, ya que administrar el tiempo de manera óptima, hará que los objetivos se alcancen en la fecha estipulada, así también es importante saber controlar y administrar el presupuesto destinado para la ejecución del proyecto, pues un buen uso de los recursos económicos ayudará a que todo fluya tal como está planificado (Ramos, 2020, p. 3).

La administración del alcance de un proyecto ayuda sobre todo a verificar que no falte nada, y lo más importante, conocer las limitaciones de presupuesto, tiempo y espacio a las que está sujeto el trabajo a realizarse (Ramos, 2020, p. 3).

2.1.8. *Tiempo*

Es importante definir cuál será el tiempo destinado a la ejecución del proyecto, dentro de la planificación debe constar tanto la fecha de inicio como la de finalización. Plantear objetivos de tiempo es de mucha ayuda durante el proceso ya que cada operación requiere de un tiempo diferente y adecuado (Elias, 2010, p. 23).

Plantear fechas de finalización para cada proceso y fechas máximas de entrega en caso de que surja alguna emergencia durante el desarrollo del proyecto, son algunas de las variables a tomar en cuenta al plantear los objetivos, que deben estar dentro de la planificación establecida (Elias, 2010, p. 25).

2.1.9. *Agua de río*

Los ríos corresponden a aguas superficiales, ya que se mueven en una sola dirección y se encuentran a un nivel no muy lejano de la superficie de la tierra. Son corrientes naturales de agua que se derivan de las cuencas formando una corriente muy estrecha que en la mayoría de los casos tiende a secarse o a desaparecer debido a que la tierra los absorbe. Los que logran mantenerse siguen creciendo y su destino final es el mar donde desembocan la mayoría de ellos (Ambientum, 2020, p.1).

Existen ríos muy extensos que son usados para la pesca, la agricultura e incluso para el consumo humano, si hablamos de Ecuador, que está rodeado de ríos en sus diferentes regiones, sin embargo, el cambio climático y la contaminación, están afectando de forma negativa a estas corrientes de agua, haciendo que se sequen por completo y acabando con la poca vida que se desarrolla dentro de ellos como peces y plantas acuáticas (Peña, 2008, p. 25).

La cantidad de agua que contiene un río depende mucho del tiempo o época del año, ya que en épocas de invierno tiende a aumentar debido a la lluvia, provocando desbordamientos y en ocasiones inunda lugares cercanos a este, mientras que en época de verano, puede llegar a disminuir en gran cantidad o incluso secarse (Ambientum, 2020, p.1).

Cuando pasan las lluvias, el agua desbordada tarda mucho tiempo en ser absorbida por la tierra y volver a la corriente, esto puede tardar semanas o meses en ocurrir, además, con el tiempo se unen a él todas las aguas subterráneas, lo que le da el nombre de caudal basal, ya que su crecimiento se debe a eso (Peña, 2008, p. 25).

De igual forma, en épocas de abundante calor y pocos días de lluvia, el nivel del río tiende a bajar llegando al punto de secarse, pues incluso el agua subterránea no es suficiente para abastecer al caudal basal. Este impacto ambiental puede afectar negativamente a quienes aprovechan del agua del río para diferentes necesidades como alimentar animales, actividades de agricultura y demás (Ambientum, 2020, p.1).

Por lo general, la dirección de las corrientes aumenta mientras más bajo es su alcance, ya que ríos aledaños pueden unirse, mientras que las corrientes que se encuentran en las montañas no les queda de otra que esperar la lluvia para volver a fluir.

La existencia de un río es muy importante para plantas, animales y personas que habitan cerca de este, debido al agua dulce que posee ya que es apta para el consumo y favorece el crecimiento de plantas e insectos acuáticos los cuales sirven de alimento para peces y aves, según lo establece la cadena alimentaria (Ambientum, 2020, p.1).

La cantidad de agua de río también es un factor importante para abastecer a todo el ecosistema que lo rodea, mientras más alto sea este, mayor vida animal y vegetal generará, por eso hay que tomar las medidas necesarias que permitan conservar este recurso natural.

La superficie que rodea el cauce, genera humedad debido al agua que se filtra, lo cual es benéfico para varias especies como las plantas endémicas, animales que requieren de humedales y para las aves migratorias. Este ecosistema fluvial es uno de los más importantes que nos brinda la naturaleza, ya que se origina de forma natural y no requiere de factores externos para existir, a parte de la lluvia que es la que permite su crecimiento (Ambientum, 2020, p.1).

Se debe evitar el riego de contaminantes para no alterar su naturaleza, como, petróleo, gasolina, basura y demás. Si es posible, aplicar prácticas de bioseguridad para garantizar el estado del caudal y sobre todo la calidad de su agua. No es novedad hablar de contaminación y explotación de los recursos naturales, ya que desde años se van desarrollando estas malas prácticas industriales con el fin de obtener beneficios sin considerar la gran pérdida que sería la terminación de los recursos fluviales. Los ríos han facilitado desde siempre la vida de plantas, animales y el ser

humano, sobre todo de este último ya que ha sido parte de su desarrollo económico, ayudando en la agricultura y ganadería (Ambientum, 2020, p.1).

Los ríos forman parte de la historia y el desarrollo del ser humano, su agua dulce y abundante les permitía mantener suelos fértiles y aptos para la cosecha. También servían como base para medios de transporte acuáticos, mismos que en su momento permitían descubrir nuevos lugares y llevar productos de un lugar a otro.

Por medio de ellos, se podía viajar por largos tramos sin ninguna dificultad, lo cual fue un factor clave en el sector industrial ya que permitía movilizar materia prima de forma rápida y segura. Con el tiempo todo fue evolucionando y cada vez es menos el uso de los ríos para este fin, sin embargo, algunas fábricas siguen estableciéndose junto a ríos, pero con otros objetivos como, aprovechar el recurso como fuente de energía (Martos, 2016, p. 63)

Los ríos tienen la capacidad de regenerarse pese a las diferentes causas naturales que los dañan. El uso de fertilizantes provenientes de los cultivos puede acabar con ellos, ya que no soportan este tipo de productos, lo cual colabora a que la vida de toda la flora y fauna que viven dentro de él, desaparezca. Por lo tanto, terminará secándose por completo debido a la sobrecarga de contaminación. Todos los productos utilizados en la agricultura, en las grandes industrias y actividades de minería que terminan en el río, provocan la contaminación del agua ya que son altamente tóxicos, lo cual puede tener consecuencias catastróficas (Martos, 2016, p. 63).

Son sustancias muy tóxicas que acaban con la vida al instante, pero no solo eso, poco a poco se van mezclando y acumulando en los suelos provocando la infertilidad de estos y lo que es peor, puede generar mutaciones en los animales que se alimentan en dicho lugar. Pero el problema no queda ahí, muchas personas tendrán que abandonar su comunidad por la falta de este recurso, mismo que terminará por agotarse, dejando a su vez una concentración alta de tóxicos que poco a poco destruirán todo el ecosistema, cabe recalcar, que el agua que se contamina sigue recorriendo el curso llevando consigo minerales tóxicos que luego serán consumidos por los peces y por el mismo ser humano. Por lo tanto, es necesario concientizar sobre el cuidado de este recurso y realizar los estudios suficientes para evitar que sus aguas sean alteradas. Así mismo sancionar a las industrias encargadas de este terrible suceso ya que con el tiempo termina afectando a todos (Martos, 2016, p. 63).

El trabajo de salvar los ríos debe comenzar ahora, no basta con limpiarlos, se debe impartir más conocimiento sobre esto para que con el tiempo podamos consumir agua más pura y menos componentes tóxicos, ya que todas las enfermedades presentes hoy en día, se deben a la falta de

salubridad en el agua con que cocinamos. Es momento de construir un hábito que es pensar más en quienes nos dan vida y salud y menos en nosotros mismos ya que de ello depende nuestra propia existencia.

Un aporte importante por parte de la sociedad, sería no continuar con el incremento de industrias explotadoras de esta fuente para evitar que la contaminación siga en aumento y así salvar los ecosistemas que aún no han sido tocados por el hombre. Como por ejemplo el Amazonas, que se encuentra en Sudamérica, pese a los varios intentos de invasión, sigue siendo una de las principales fuentes de vida y sobre todo un refugio para las distintas especies que lo habitan (Martos, 2016, p. 63).

Su conservación es de vital importancia ya que a la larga es la única fuente de vida que nos puede salvar y sobre todo servir como base para una extracción adecuada y amigable con el medio ambiente. Esto depende también de generar acuerdos entre países para que todos aporten dentro de sus posibilidades al cuidado de los ríos y juntos contribuyan a esta causa, pues la necesidad de agua es algo que va a existir siempre y sería una pena haber acabado con este recurso natural mundial (Ambientum, 2020, p.1).

2.1.10. Base legal

2.1.11. Constitución de la República del Ecuador

2.1.11.1. Derechos del buen vivir

Como se indica en la Constitución de la República del Ecuador (2008), en el Capítulo segundo, Derechos del buen vivir:

Art. 12: El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida (Constitución de la República del Ecuador, 2008, p 59).

Art. 14: Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir (Sumak Kawsay) (Constitución de la República del Ecuador, 2008, p 85).

Así mismo, el capítulo séptimo establece los derechos de la naturaleza, considerando que el recurso hídrico forma parte del ecosistema, se sujeta al siguiente artículo:

Art. 71: La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

2.1.11.2. Régimen de desarrollo

El régimen de desarrollo tiene como objetivo el crecimiento económico, por lo tanto, establece:

Art: 276, Literal 4; Recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural (INEC, 2008; citado por Lozano, 2019. p 75).

Título VII: Régimen del buen vivir. Art. 411:

El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de aguas (Constitución de la República del Ecuador, 2008, p 25).

Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua.

Art. 12: Art. Protección, recuperación y conservación de fuentes.- El Estado, los sistemas comunitarios, juntas de agua potable y juntas de riego, los consumidores y usuarios, son corresponsables en la protección, recuperación y conservación de las fuentes de agua y del manejo de páramos así como la participación en el uso y administración de las fuentes 19 de aguas que se hallen en sus tierras, sin perjuicio de las competencias generales de la Autoridad Única del Agua de acuerdo con lo previsto en la Constitución y en esta Ley (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

Art. 57.- Definición: El derecho humano al agua es el derecho de todas las personas a disponer de agua limpia, suficiente, salubre, aceptable, accesible y asequible para el uso

personal y doméstico en cantidad, calidad, continuidad y cobertura (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

Art. 64.- Conservación del agua: La naturaleza o Pacha Mama tiene derecho a la conservación de las aguas con sus propiedades como soporte esencial para todas las formas de vida. En la conservación del agua, la naturaleza tiene derecho (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

a (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

d) La protección de las cuencas hidrográficas y los ecosistemas de toda contaminación (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

Acuerdo No. 097-A

La norma citada a continuación menciona, determina y establece los principios básicos y enfoque general para el control de la contaminación del agua, las definiciones de términos importantes y competencias de los diferentes actores establecidas en la ley, los diversos criterios de calidad de aguas para sus diversos usos, los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado (Lozano, 2019).

La presente norma técnica determina:

- a) Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado (Acuerdo Ministerial 97 Registro Oficial Edición Especial 387, 2015);
- b) Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos; y (Acuerdo Ministerial 97 Registro Oficial Edición Especial 387, 2015)
- c) Métodos y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes en el agua (Acuerdo Ministerial 97 Registro Oficial Edición Especial 387, 2015)

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Enfoque de investigación

El estudio sobre la calidad y características de sus afluentes y del agua como tal se convierte en un factor muy importante en el área de salud de la población del sector, este particular es un tema en el que los diferentes estados ponen una particular atención ya que de esto depende la salud y alimentación de sus habitantes, por lo tanto, la importancia de garantizar la calidad del agua, misma que se define como los factores y características físicas, químicas y microbiológicas adaptadas a parámetros definidos de acuerdo al uso que se le vaya a brindar. En la definición, ya nos indican que, dependiendo de su uso, una misma agua no puede ser utilizada para todo y unos determinados valores no implican la misma calidad, sino que está estrechamente definido con su utilidad.

La contaminación o alteración de su calidad puede venir determinada por factores naturales como el clima, y no naturales como el estado de las tuberías, la contaminación del terreno por el cual circula y las diferentes concentraciones de contaminantes que va adquiriendo el líquido, hace que su concentración de elementos químicos altere su estado natural. El agua tiene un particular recorrido hasta llegar a las tuberías en donde se distribuirá para el consumo humano, en este recorrido hace que la naturaleza del agua varíe según sus tramos y materiales que ha de circular, por lo tanto, es indispensable medir la calidad del agua antes de ser consumido.

3.2. Nivel de Investigación

El trabajo de titulación tiene un nivel de investigación descriptivo, puesto que busca describir situaciones actuales de la calidad de agua del río Payamino y su efecto en el consumo posterior a su efecto potabilizador, para de esta manera, saber el comportamiento de manifestación en el consumo humano.

3.3. Diseño de investigación

La evaluación de la calidad de agua del río Payamino es un diseño de investigación exploratoria, ya que este tipo de investigación se utiliza para indagar y resolver un problema que no está claramente definido. Por lo tanto, se llevará a cabo diferentes técnicas de campo y laboratorio que brinden la garantía de una mejor comprensión.

3.3.1. Según la manipulación o no de la variable independiente

La investigación que a continuación se realiza es experimental ya que se obtendrán datos a través de la experimentación y se compararán con variables constantes (parámetros de calidad de agua) a fin de determinar las causas y/o los efectos de los fenómenos que podrían estar alterando la calidad de la misma, que es el motivo de estudio.

3.3.2. Según las intervenciones en el trabajo de campo

El estudio en el trabajo de campo es de carácter transversal, ya que es una investigación observacional que analiza los datos de las variables recopiladas en un período de tiempo establecido en el estudio, sobre una muestra de agua obtenida de un río, a este tipo de estudio se lo conoce también como de corte transversal o estudio de prevalencia.

3.4. Tipo de estudio

El presente trabajo es de tipo investigación de campo, puesto que el presente estudio, es un proceso que permite obtener datos de la realidad y estudiarlos tal y como se presentan, sin manipular las variables. Por esta razón, su característica esencial se llevará a cabo fuera del laboratorio, en el lugar de ocurrencia del fenómeno.

3.5. Población y Planificación, selección y cálculo del tamaño de la muestra

Se siguió un tipo de muestreo por conveniencia. Para la toma de muestra se realizó con una frecuencia que permitió la caracterización física, química y microbiológica, la cual fue, tomar 1 muestra por efluente y una muestra por afluente, estas tomas fueron realizadas con un espacio de tiempo de 3 días a partir del inicio de trabajo de campo hasta alcanzar 3 muestras de cada uno de los puntos determinados por motivo del estudio.

Las muestras de agua se toman técnicamente como indican los diferentes procedimientos para este fin, para las muestras físicas y químicas fueron recolectadas en frascos de vidrio esterilizados y para las muestras microbiológicas fueron recolectadas en un frasco de plástico, seguidamente fueron etiquetados los frascos. Finalmente, para el transporte de las muestras se mantuvieron refrigeradas en un cooler hasta llegar a un laboratorio acreditado, en la provincia de Orellana, cantón Francisco de Orellana.

El estudio para determinar el consumo y satisfacción de los consumidores que aplicó una encuesta a la población consumidora de la planta potabilizadora, para lo cual se determinó los barrios consumidores de este servicio los cuales son:

- 30 DE ABRIL
- 24 DE MAYO
- PARAISO AMAZONICO
- CENTRAL
- ÑUCANCHIWASI
- 12 DE NOVIEMBRE
- 20 DE MAYO
- 27 DE OCTUBRE DE 2022 RIO COCA
- LA FLORIDA
- LAS AMERICAS
- LOS ROSALES
- LOS CEIBOS
- LUIS GUERRA
- PROMEJORAS PAYAMINO
- EL MORETAL
- 28 DE MARZO
- PERLA AMAZONICA
- CAMBAHUASI
- CONHOGAR
- UNION Y PROGRESO
- SANTA ROSA
- 6 DE DICIEMBRE
- JULIO LLORI
- TURISMO ECOLOGICO
- LOS SAUCES

Teniendo una población total de 9.784 personas en los barrios mencionados y se aplica la formula del tamaño de la muestra, para conocer el número de personas que serán encuestadas con 14 preguntas y así obtener información de satisfacción de consumo y percepción de calidad del servicio de agua potable ofertado por la planta potabilizadora objeto de estudio. La muestra poblacional se aplicó usando la siguiente formula:

$$n = \frac{N \cdot Z_{\alpha}^2 \cdot p \cdot q}{e^2(N - 1) + Z_{\alpha}^2 \cdot p \cdot q}$$

En donde:

n = es el tamaño de la muestra poblacional a obtener.

N = es el tamaño de la población total.

σ = representa la desviación estándar de la población.

Z = es el valor obtenido mediante niveles de confianza.

e = representa el límite aceptable de error muestral, generalmente.

$$n = \frac{(9784)(1,96)^2(0,5)(0,5)}{(0,05)(97841 - 1) + (1,96)^2(0,5)(0,5)}$$

$$n = 370$$

El resultado de la muestra aplicar se fija en

$$n = 370$$

3.6. Métodos, técnicas e instrumentos de investigación

3.6.1. Parámetros analizar

- Turbidez
- Conductividad
- Temperatura y pH.
- Demanda química de oxígeno (DQO)
- Nitratos y Nitritos
- Coliformes fecales
- Oxígeno disuelto
- Cloro libre residual
- TPH

3.6.2. Caracterización física del líquido vital

3.6.2.1. Turbiedad

- Poner en la celda del equipo 10 mililitros de muestra de agua.
- Se debe limpiar celda sin tocar con los dedos.
- Prender el equipo y esperar la calibración

- Operación automática
- Esperar el resultado hasta que se estabilice la lectura.
- Lavar la celda y continuar con el procedimiento.

3.6.2.2. Conductividad

- Hundir una sonda en un vaso de precipitación de cincuenta mililitros que tiene la muestra de agua.
- Activar el equipo
- Eliminar las burbujas del electrodo.
- Iniciar y esperar el resultado.
- Sacar el electrodo limpiarlo y continuar con el procedimiento anterior

3.6.2.3. pH y Temperatura

- En el sitio nos ubicarnos cercano al punto medio de muestreo
- Colocar el electrodo en el agua
- Iniciar el equipo.
- Activar y esperar el resultado aproximadamente de 7 a 10 minutos
- Sacar el electrodo y continuar con el procedimiento anteriormente mencionado
-

3.6.3. Caracterización química del agua

3.6.3.1. Coliformes fecales

- Anticipar una dilución de 10 mililitros de muestra aforada con agua destilada a 200 mililitros
- En las Placas PetrifilmMR HSCC, identificarlas y colocar en el medio, para coliformes fecales y para coliformes totales el medio
- Filtramos cien mililitros de dilución en la membrana colocarla en placa Petrifilm
- Incubar a la temperatura que se propague los coliformes fecales es decir a 40°C y coliformes totales a 35°C luego contar las colonias con ayuda del microscopio

3.6.3.2. Demanda química de oxígeno

Para la determinación de la demanda bioquímica de oxígeno fue necesario realizar diferentes soluciones con un patrón de incio, el biftalato de potasio de alta pureza l patrón fue secado a 105 grados centígrados por una hora posteriormente disuelto en agua tri-destilada, para obtener

soluciones con concentraciones de 0, 200, 400, 600 y 800 miligramos por litro del compuesto equivalentes a la demanda bioquímica de oxígeno con valores 0, 235, 470, 705 y 940 mg O₂ /L, respectivamente, los tubos de vidrio borosilicato fueron lavados con anticipación utilizando una solución 1:10 en volumen de ácido sulfúrico concentrado en agua tri - destilada, enjuagados con agua y secados aire ambiente, los tubos fueron tapados firmemente, agitados lentamente y colocados en el bloque digestor precalentado a 150 °C, las absorbancias de las soluciones digeridas y enfriadas fueron leídas en el espectrofotómetro.

3.6.3.3. Nitritos

El procedimiento correcto para la detección de nitritos mediante el uso analítico para el ensayo se sustenta sobre sólida, donde la cual la sulfanilamida en medio ácido es decir un Ph inferior a 2, reacciona con el ion NO₂. El compuesto que se forma tiene un fuerte color rojo con un pico de absorbancia a 543 nm, la estructura del compuesto azo no es completamente conocida y el límite de detección es 0,001 mgL⁻¹ ó 1 µgL⁻¹.

Para este análisis los reactivos que se usan son la sulfanilamida, para esto es necesario disolver cinco gramos de sulfanilamida en una solución de cincuenta mililitros de ácido clorhídrico concentrado (12 M) para posteriormente diluir con 300 mililitros de agua desionizada, luego enrasar con agua desionizada hasta 500 mililitros y la solución es almacenada en frío a 4 °C en botellas oscuras por al menos 60 días.

3.6.3.4. Nitratos

Para la detección de nitratos en aguas que contengan un nivel reducido de materia orgánica con un rango de concentración de dos y hasta treinta miligramos por litro se usan los materiales que detallamos a continuación.

- Cucharillas
- Balanza analítica.
- Espectrofotómetro.
- Pipetas graduadas a centímetros cúbicos
- Pipetas aforadas a centímetros cúbicos
- Matraces volumétricos
- Vasos de precipitado de 100 cm³

3.6.3.5. Oxígeno Disuelto

Este procedimiento se encuentra pegado en la pared del mesón donde se determina la DBO, se mide el oxígeno de las dos primeras botellas de winkler con la utilización del oxímetro, el mismo que debe estar calibrado con una toma de agua del acueducto la cual se ha airado con la bomba de acuario unos 10 minutos.

- Calibración
- Ingrese el electrodo en la botella winkler.
- Confirmar la calibración
- Posteriormente al calibrado, determinamos el oxígeno a las muestras
- El resultado por el método winkler y el resultado del oxímetro deben ser el mismo o con una diferencia de 0.5
- El oxímetro para la medición de oxígeno de las muestras se puede utilizar posterior a los pasos anteriores y es:
- Encajar el electrodo en la garrafa para posterior a eso prender el mezclador, se debe esperar a que la lectura del oxígeno en la pantalla se estabilice y brinde imagen del asterisco frontal del % de oxígeno, así tendremos el resultado de la muestra por el método detallado

3.6.3.6. TPH

En lo que se refiere al método para determinar el TPH es necesario iniciar con una exhaustiva búsqueda de bases teóricas que se han construido en procesos previos hasta el momento de nuestra investigación, producto de esto se pudo conocer que diferentes métodos y técnicas utilizadas y así mismo diferentes normas, normativas y leyes que rigen a este parámetro, una vez revisado y analizado, se determinó el más adecuado para el análisis de laboratorios. En conjunto a las demás búsquedas se tuvo en cuenta factores clave como la disponibilidad de material que se va a adquirir para la aplicación método.

Con el método de extracción se pretendió llevar a cabo una extracción de hidrocarburos adecuada y optima, que evite cualquier posible pérdida, el método cromatográfico se muestran todas las condiciones fundamentales para tener en cuenta en un análisis ideal. Es por ello que hay que mencionar que, aunque la técnica se base en una normativa vigente el ajuste del cromatógrafo es de uso manual por lo cual el equipo y analista serán responsables de las necesarias diversas de modificaciones para obtener un resultado óptimo.

3.6.4. Metodología para caracterizar la calidad de agua

Una vez obtenida la información de tres muestras de cada característica, tanto del agua proveniente del río Payamino como de la planta potabilizadora los Álamos, se realiza una estadística descriptiva en donde obtendremos los promedios y estos se compara con las normas vigentes, y poder concluir si las características se encuentran en los rangos permitidos.

3.6.5. Localización y duración del proyecto

3.6.6. Localización

El río Payamino en su hidrografía, se localiza en la provincia amazónica de Orellana, en su capital cantonal Francisco de Orellana, Parroquia: El Coca, su latitud es de -0.45, y su Longitud corresponde a -77.

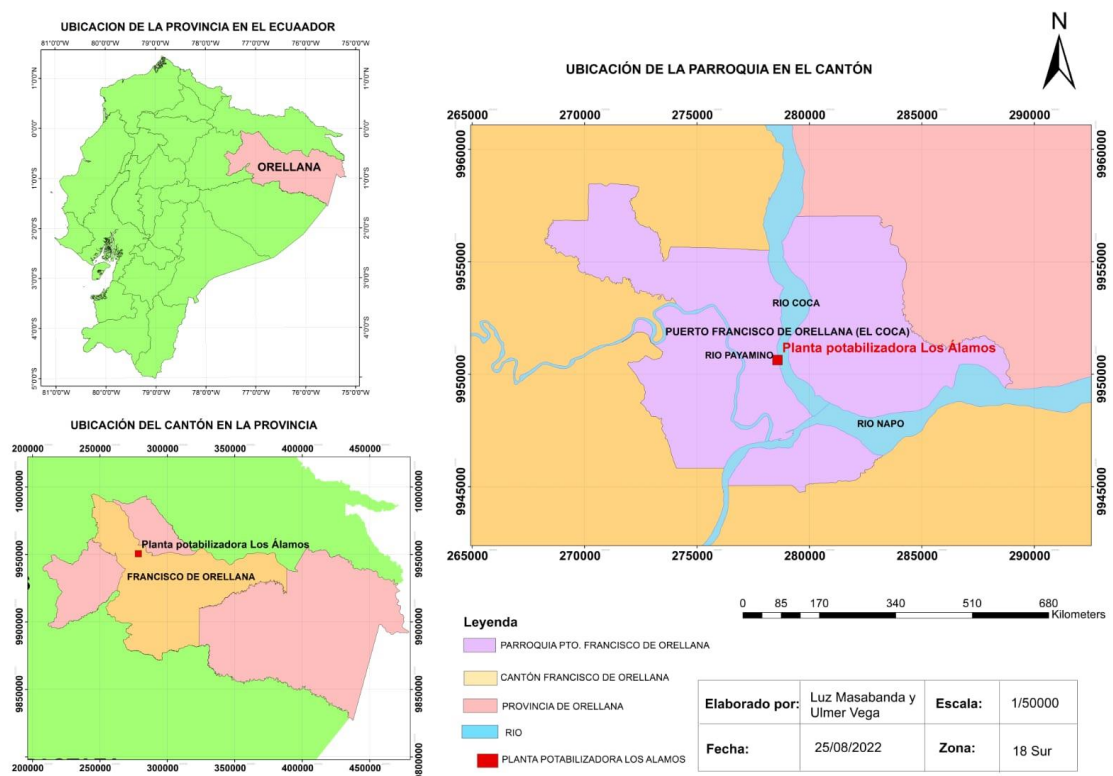


Ilustración: 1-3. Mapa Fuentes hídricas Cantón Francisco de Orellana

Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Francisco de Orellana 2014-2019

3.6.7. Lugar para el desarrollo de las muestras de laboratorio.

Las muestras serán llevadas para sus respectivos análisis al laboratorio AQLQB, en la provincia Orellana, cantón Francisco de Orellana.

3.6.8. Levantamiento de la información base del río Payamino y de la planta potabilizadora Los Álamos

Se solicitó información correspondiente a las instituciones pertinentes, en este caso, al Gobierno Provincial de Orellana, Dirección Provincial del Ambiente, planta potabilizadora Los Álamos y levantamiento de información en campo.

3.6.9. Análisis de la calidad de agua

La Organización Mundial de la Salud, recomienda que se debe hacer un control permanente del agua potable, para que esta pueda ser consumida sin ocasionar ningún tipo de alteración en la salud de los seres humanos y animales. Por lo que un procedimiento de sanitización del agua que la libre de organismos contaminantes, tóxicos y bacterias en general, es lo más adecuado para esta labor.

Dentro de la normativa expuesta por la OMS, se encuentran recomendaciones para obtener un agua potabilizada de manera óptima, una de ellas es, la potabilización a través de la eliminación de microorganismos para que el consumo del agua garantice un cero por ciento en el contagio de enfermedades por este medio. Otro sistema es la potabilidad química que consiste en un agua libre de sustancias tóxicas.

Siguiendo estas normas, será fácil identificar un agua limpia y apta para el consumo ya que es fácil evidenciar que no tenga ningún tipo de color, olor o sabor que haga desagradable el beber este líquido vital.

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Levantamiento de información del río Payamino y de la planta potabilizadora los Álamos

4.1.1. *Río Payamino*

4.1.1.1. *Clima*

Se obtuvo información brindada por el GADM Francisco de Orellana, la misma que menciona que el clima en los puntos de estudio es similar al resto del cantón Francisco de Orellana y corresponde a un clima tropical, cálido húmedo, las lluvias más fuertes ocurren los meses que corresponden al verano del hemisferio norte es decir de junio a agosto, las temperaturas van entre 23°C y 35 °C.

4.1.1.2. *Temperatura*

La temperatura ambiente media anual está entre los 26°C de promedio, con una temperatura mínima de 25,3°C y una máxima de 28,1°C.

Las precipitaciones fluctúan entre un promedio mensual de 276,95 mm y anual de 3323,4 mm. La temperatura del agua del río Payamino es de 24°C y la temperatura del agua potable es de 26,7°C.

4.1.1.3. *Humedad relativa*

Con respecto a la humedad relativa se pudo determinar que la media mensual es del 80%.

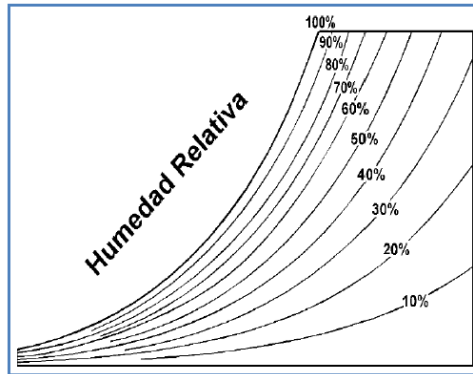


Ilustración 1-4. Humedad relativa

Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Francisco de Orellana 2014-2019.

4.2. Sobre la Planta potabilizadora los Álamos

En la ciudad del Coca, la planta que trata el agua para el consumo humano tiene como fecha de creación los años que van desde 1979, 1980 y 1981, esta ciudad tiene en sus registros una población aproximada de diez mil habitantes, sin embargo, la proyección de crecimiento con la cual realizaron esta planta fue proyectada para una población estimada de 25000 habitantes.

En la construcción primaron los diseños de captación del agua del río Coca, seguido de un almacenamiento y también depósito de agua, el principal proceso de purificación fue el proceso de clorificación, seguido de esto elaboraron el bombeo al tanque elevado para posteriormente instalar la distribución de agua por gravedad.

En 1996 se hizo una remodelación de la planta de agua y finalmente, se crea un módulo en el año 2007. Esta planta se complementa con una planta compacta de 60 l/s, dos módulos de 30 l/s que incluye mezcla rápida floculación coagulación, sedimentación filtración desinfección bomba de succión y bomba para retro lavado, dosificadores y tableros de control.

Fue necesario planificar una ampliación de la distribución de agua, con nuevos procesos para prestar un mejor servicio con calidad de agua. Se fue implementando entonces, por módulos de tratamiento cada uno con sus respectivos procesos ya que el requerimiento de agua de calidad, exigía el usuario y por su ampliación demográfica. En el Coca incrementaron sus habitantes que para el censo realizado en el 2001 constaba con 27157 personas aproximadamente, para el censo 2010 en el Coca ya constaba con 40000 habitantes registrados, para esta fecha la planta de tratamiento de agua ya tiene implementado 3 módulos de tratamiento, pero la expansión de habitantes requería se amplié más el servicio lo cual la planta de tratamiento de agua potable ve

la necesidad de implementar y se compró una planta compacta de tratamiento de agua potable la cual viene prestando servicio de hasta el día de hoy.

En la actualidad la planta de tratamiento de agua potable Los Álamos capta el agua del río Payamino desde el año 2013 produciendo 175 L/s de agua de agua potable, la misma que trabaja las 24 horas del día en los 365 días del año.

Las etapas del proceso de potabilización de la planta Los Álamos son las siguientes:

- Captación
- Sedimentación primaria (Desarenador)
- Coagulación y floculación
- Sedimentación secundaria
- Filtración
- Desinfección



Ilustración 2-4. Captación de agua del río Payamino

Fuente: Google maps 2022.



Ilustración 3-4. Planta potabilizadora Los Álamos

Fuente: Google maps 2022.

4.3. Análisis de resultados de aceptación de calidad de los consumidores

La pregunta 1 de la encuesta realizada determinó el sexo de los encuestados y los resultados se detallan en el siguiente gráfico.

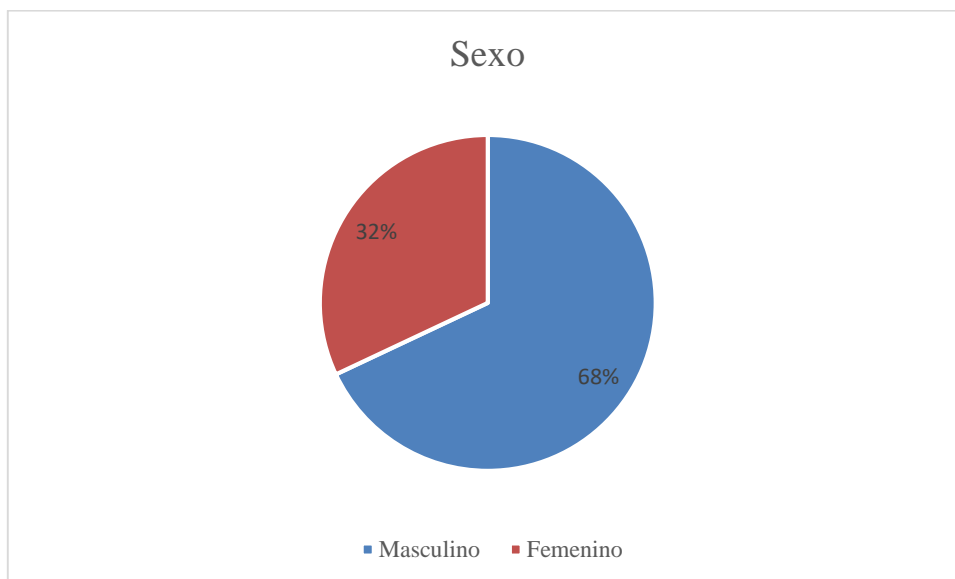


Ilustración 4-4: Sexo de los encuestados

Realizado por: Masabanda, Luz; Vega, Ulmer, 2023.

El 68% de los encuestados corresponde al sexo femenino en cuanto el 32% son de sexo masculino, esto determina que en el hogar se encuentran de manera significativas las mujeres mismas que son encargadas de los cuidados familiares.

La segunda pregunta corresponde al nivel de educación, por lo que se presentó tres opciones, siendo la educación básica, bachillerato y el de nivel superior, la respuesta lo determina el grafico 5-4:

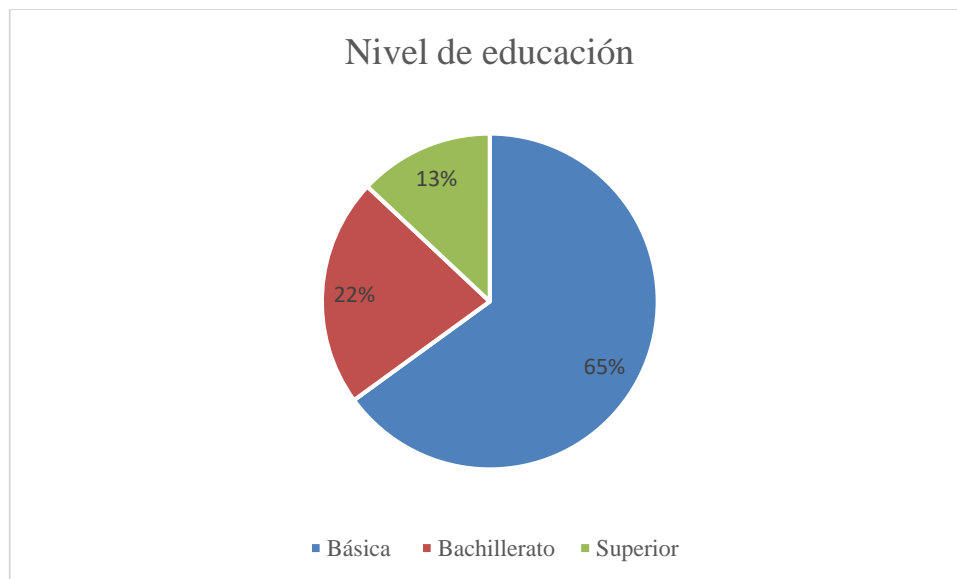


Ilustración 5-4: Educación de los encuestados

Realizado por: Masabanda, Luz; Vega, Ulmer, 2023.

En lo referente a la educación con mayor presencia tienen una formación de secundaria, es decir el bachillerato, en menor medida con el 22% los encuestados tienen una formación básica en cuanto al nivel superior esta corresponde al 13%.

Otro factor de consulta fue la edad de los consumidores segmentado en tres grupos, que corresponden a edades entre 18-35, 36-53 y 54-71 los resultados se expresan en el siguiente gráfico:

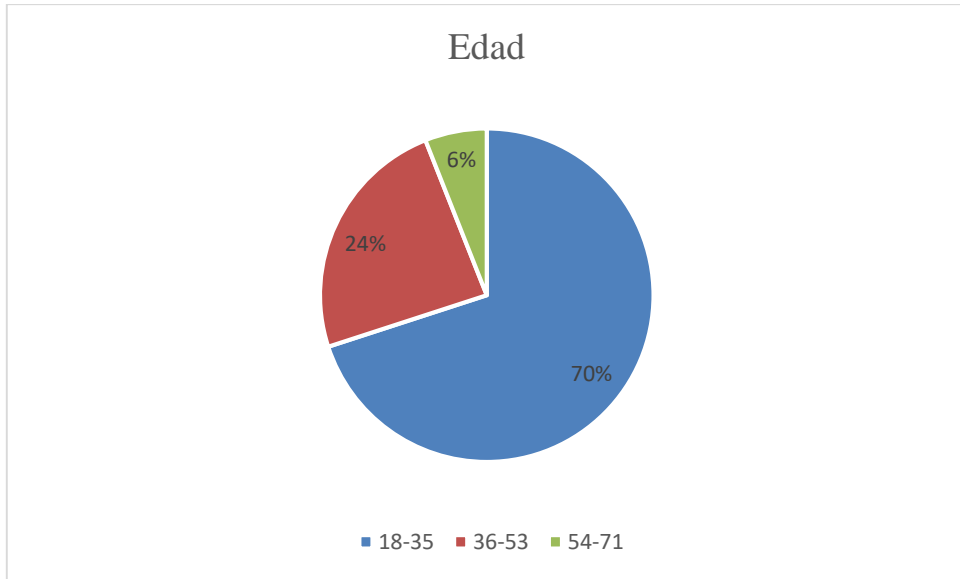


Ilustración 6-4: Edad de los encuestados

Realizado por: Masabanda, Luz; Vega Ulmer, 2023.

En lo que corresponde a la edad, el 70% de la población se encuentra en un rango de edad entre 18 y 35 años, considerando que esto no es el total de la población, puesto que se excluyó de la misma a menores de 18 años, mientras tanto el de menor presencia es el rango de 54-71 años con un 6%.

La pregunta tres, tuvo por objetivo definir el tipo de vivienda, en base a la categoría para la distribución de agua potable, para determinar qué tipo de vivienda predomina en el abastecimiento de la planta, los resultados se manifiestan en el siguiente gráfico:

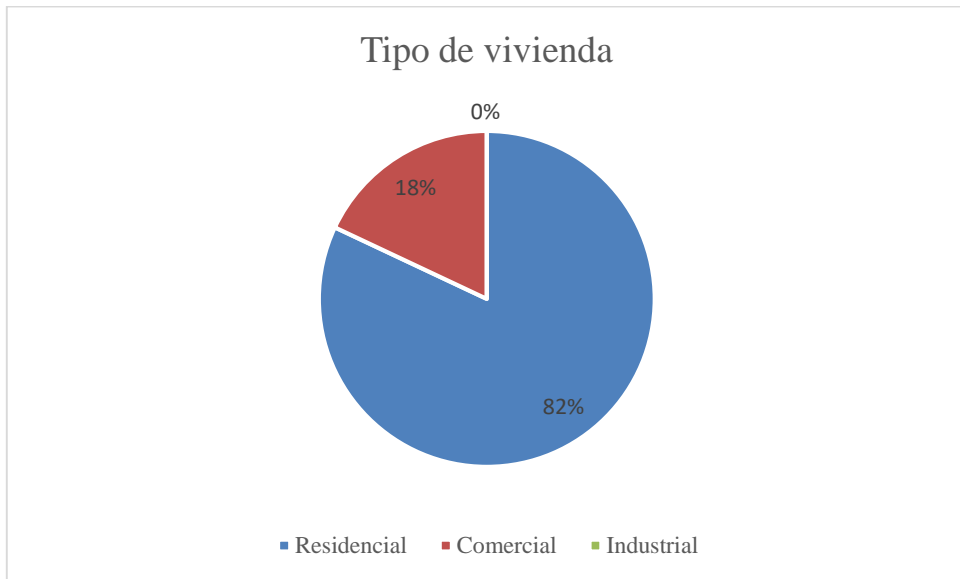


Ilustración 7-4: Tipo de vivienda

Realizado por: Masabanda, Luz; Vega, Ulmer, 2023.

De los consumidores de agua de la planta potabilizadora, el 82% son de consumo doméstico, el 18% de carácter comercial y existe ausencia de consumidores del ámbito industrial, esto nos da a entender que es su gran mayoría los consumidores utilizan el agua para servicio de consumo por lo cual hay que poner atención a su cumplimiento físico, química y microbiológico.

Fue importante determinar si los habitantes de los barrios disponían o no del servicio de agua potable, por lo cual los resultados mostraron que el 100% de los habitantes de los sectores cuentan con el servicio de agua potable ofertado por la planta potabilizadora los Álamos.

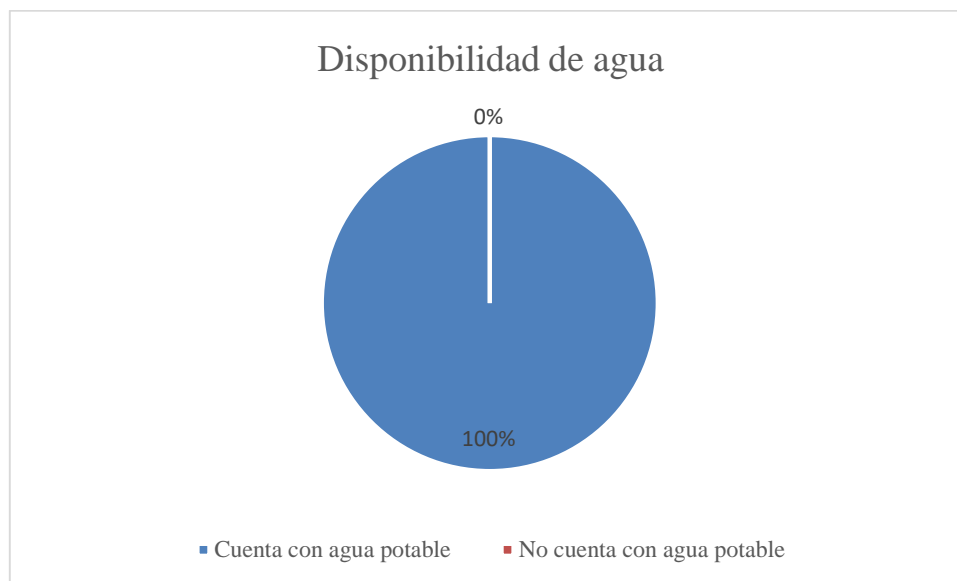


Ilustración 8-4: Tiene el servicio de agua potable en su vivienda

Realizado por: Masabanda, Luz; Vega, Ulmer, 2023.

Considerando que la calidad es la apreciación del consumidor, hemos preguntado cuál es su percepción en cuanto a este tema al momento de consumir el agua proveniente de la planta potabilizadora los Álamos, se puso cuatro opciones las cuales fueron muy buena, buena, regular y mala, del total de los encuestados los resultados fueron los siguientes:

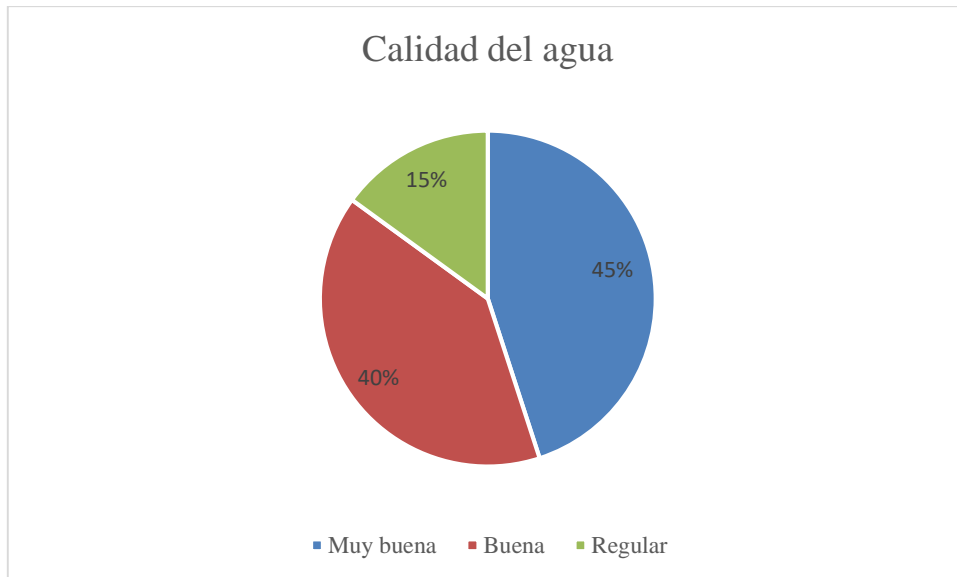


Ilustración 9-4: De acuerdo con la apreciación que tiene del agua potable que llega a su domicilio. ¿Cuál es su criterio de calidad?

Realizado por: Masabanda, Luz; Vega, Ulmer, 2023.

La apreciación de calidad de los consumidores, nos da los resultados que el 85% de los consumidores acepta la calidad de muy buena y buena, un 15% lo considera regular y 0 consumidores consideran que el servicio de agua potable es malo.

Complementando la pregunta, seis se puso en consideración que nos determinen el color del líquido vital que llega a sus domicilios, los parámetros fueron tres, transparente, turbia y verdosa, los resultados se expresan en el siguiente gráfico:

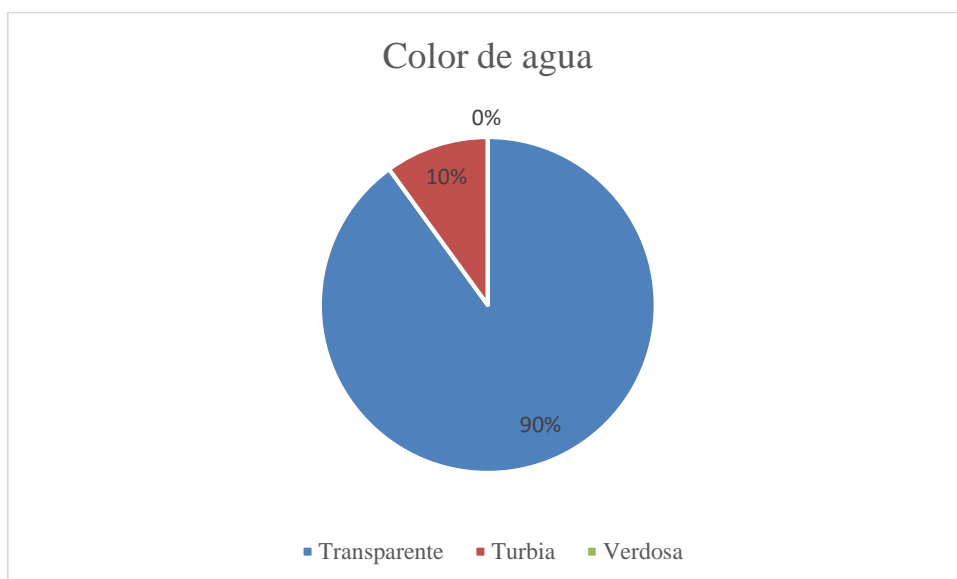


Ilustración 10-4: Color del agua

Realizado por: Masabanda, Luz; Vega, Ulmer, 2023.

El color de agua el 90% manifestó que el color es transparente lo que se considera bueno, en cuanto al color turbio un 10% manifestaron tener esta presencia y del color verdoso no presentaron resultados.

Fue indispensable que los clientes de servicios, como el agua potable conozcan sus derechos, por lo cual en la siguiente pregunta se formuló si conocen las normativas que amparan sus derechos como consumidores, y los resultados le expresa el siguiente gráfico:

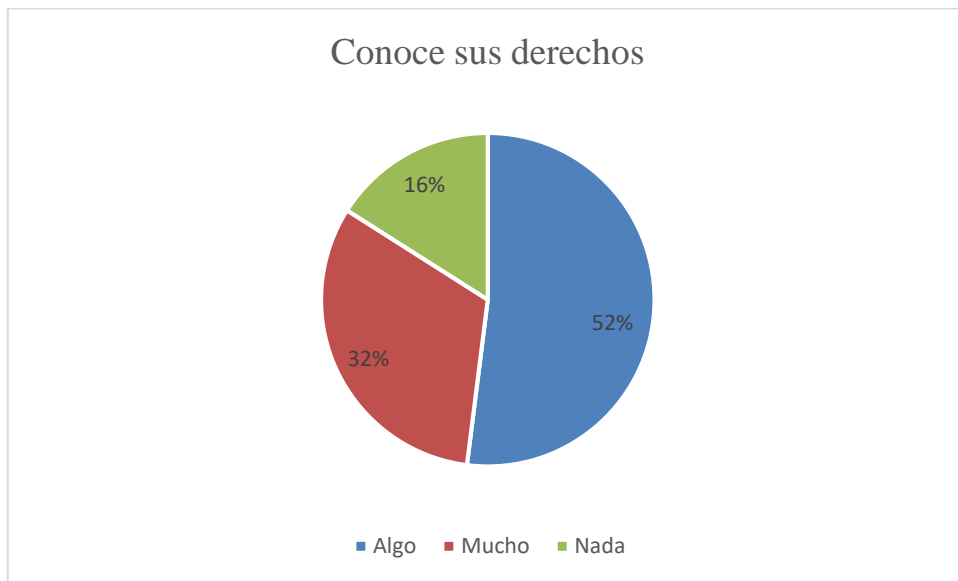


Ilustración 11-4: Derechos de consumidor.

Realizado por: Masabanda, Luz; Vega, Ulmer, 2023.

Los consumidores al ser encuestados sobre, si conocen sobre sus derechos como consumidores nos mencionan que conocen algo una cantidad equivalente al 52%, que conocen mucho sobre sus derechos en un 32% sin embargo, el 16% de los consumidores desconocen por completo sobre sus derechos de consumidor sobre el agua potable.

En la siguiente pregunta, consultamos a los consumidores si el servicio de agua potable recibe de manera permanente, por horas o por días, los resultados de esta pregunta lo expresan el grafico 12-4:

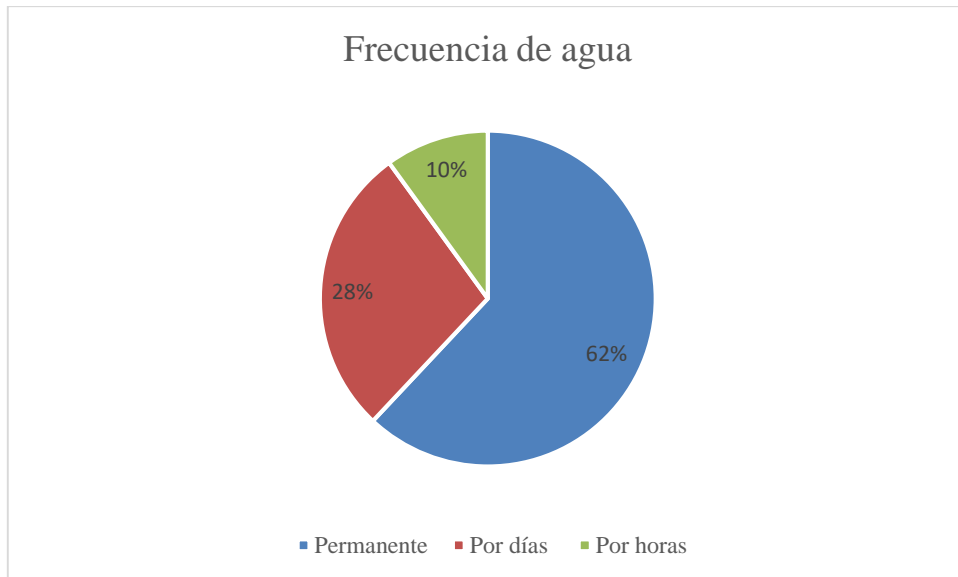


Ilustración 12-4: Frecuencia de agua.

Realizado por: Masabanda, Luz; Vega, Ulmer, 2023.

La frecuencia con la que reciben el servicio de agua potable, los barrios objeto de estudio nos menciona que el 62% lo tienen de forma permanente, seguido de un 28% que recibe por días y apenas un 10% que dispone ser servicio por horas. Este resultado está estrechamente vinculado con el factor de calidad en la pregunta correspondiente a ese tema.

En las preguntas 10 y 11 que se refieren a si conoce el consumo y costo que tiene su hogar se le brindó algunas opciones de rangos que se encuentran establecidos en las tarifas de la planta potabilizadora, los resultados obtenidos lo expresamos en el siguiente gráfico.

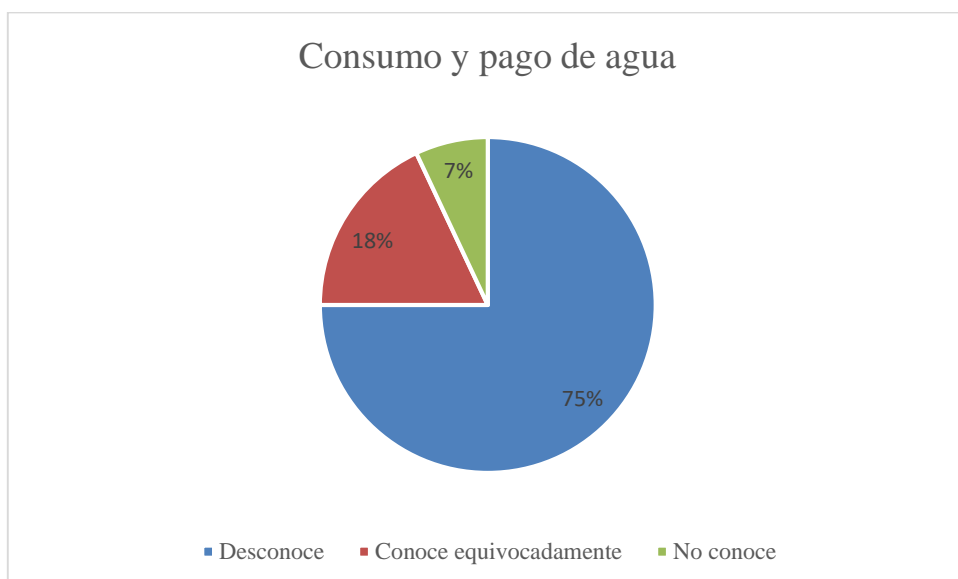


Ilustración 13-4: Consumo de agua.

Realizado por: Masabanda, Luz; Vega, Ulmer, 2023.

Los resultados nos mencionan que el 75% de los consumidores desconoce cuánto consume su hogar, el 18% cree conocer cuál es su consumo, pero es equivocado y tan solo el 7% de los encuestados está consciente de su consumo y de su pago real que debe realizarlo.

Cuando en la encuesta preguntamos sobre la percepción que el consumidor tiene sobre su pago de agua, en relación al servicio que dispone, le dimos opciones de que, si le parecía, caro, barato o el precio era justo, los resultados son los siguientes:

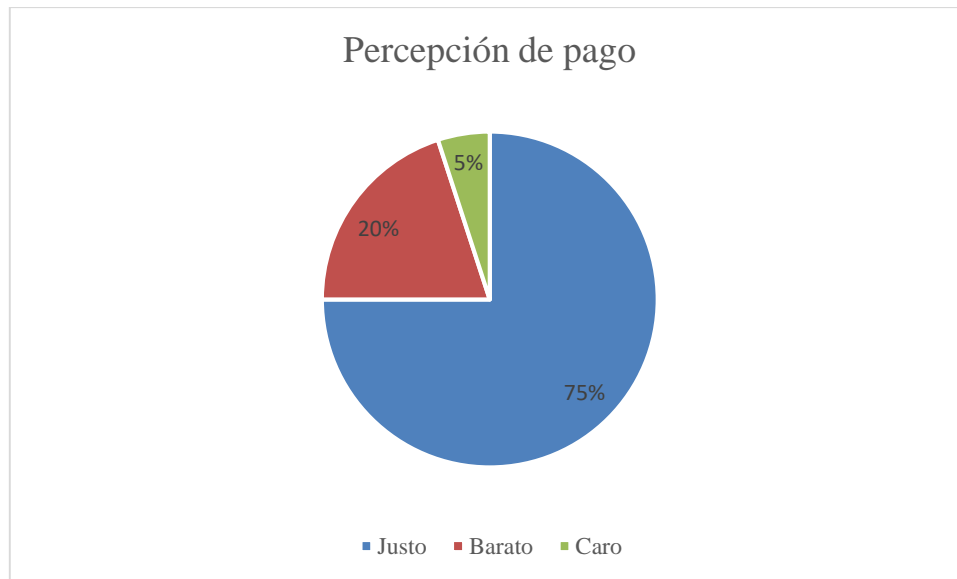


Ilustración 14-4: Percepción de pago.

Realizado por: Masabanda, Luz; Vega, Ulmer, 2023.

El 75% de los consumidores consideran que el precio que pagan por el servicio obtenido es justo, el 20% nos menciona que es barato el pago que se realiza en comparación al servicio recibido y tan solo el 5% nos dice que el precio es caro, este estándar puede darse en relación con sus ingresos económicos.

A los consumidores consultamos, si conocen el origen natural del agua que disponen para su consumo, esta inquietud se dividió en dos preguntas, una para determinar si el agua provenía de río, subterráneo o estos, el 99% estaba consciente de que el origen del agua venía de río, sin embargo, al realizar la pregunta que si conocían que río provenía, el 50% cree que es del río Coca y el otro 50% cree que es del río Payamino, por lo que se recomienda socialización de este particular.

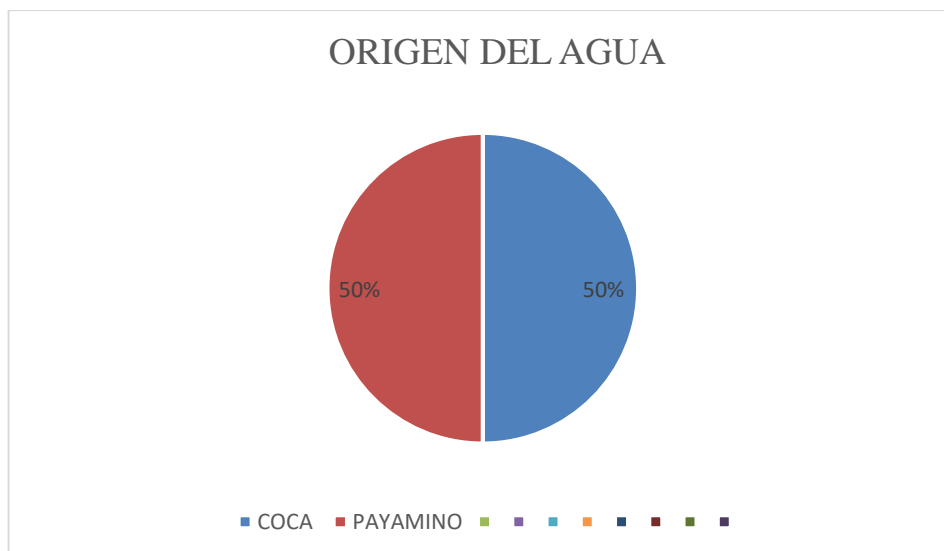


Ilustración 15-4: Origen del agua.

Realizado por: Masabanda, Luz; Vega, Ulmer, 2023.

Resultados de los análisis físicos, químicos y microbiológicos del agua

Para los resultados obtenidos en la presente investigación se tomaron 3 muestras en el río Payamino y 3 muestras en la planta potabilizadora de agua, en 3 fechas diferentes, posterior a ellos fueron llevados al laboratorio correspondiente para pedir los niveles de cada uno de los elementos, producto de estudio que nos permiten caracterizan la calidad de agua, es así como tenemos en la siguiente tabla 1-4., podemos definir la caracterización de las muestras de agua en el río Payamino.

Tabla 1-4: Caracterización de las muestras de agua del río Payamino

Elemento	Muestra 1 8/07/2022	Muestra 2 12/07/2022	Muestra 3 15/07/2022	Promedio
Coliformes Fecales	1600 UFC/100ml	1510 UFC/100ml	1360 UFC/100ml	1450 UFC/100ml
Nitritos	< 0,039 mg/L	0,069 mg/L	< 0,039 mg/L	0,05 mg/L
Nitratos	2,21 mg/L	3,99 mg/L	2,21 mg/L	2,8 mg/L
Turbidez	26,40 NTU	129 NTU	23,6 NTU	59,67 NTU
DQO	< 23 mg/L	< 23 mg/L	< 23 mg/L	<23 mg/L
Hidrocarburos Totales de Petróleo	<1,2 mg/L	< 1,2 mg/L	< 1,2 mg/L	<1,2 mg/L
pH	6,77	7	6,89	6.9

Temperatura	24,40 °C	24,59 °C	24,76 °C	24,58 °C
Conductividad	55,5 µS/cm	39,9 µS/cm	45,6 µS/cm	47 µS/cm
Oxígeno Disuelto	83,5 mg/L	87,5 mg/L	88,1 mg/L	86.3 mg/L

Realizado por: Masabanda Luz; Vega Ulmer. 2023.

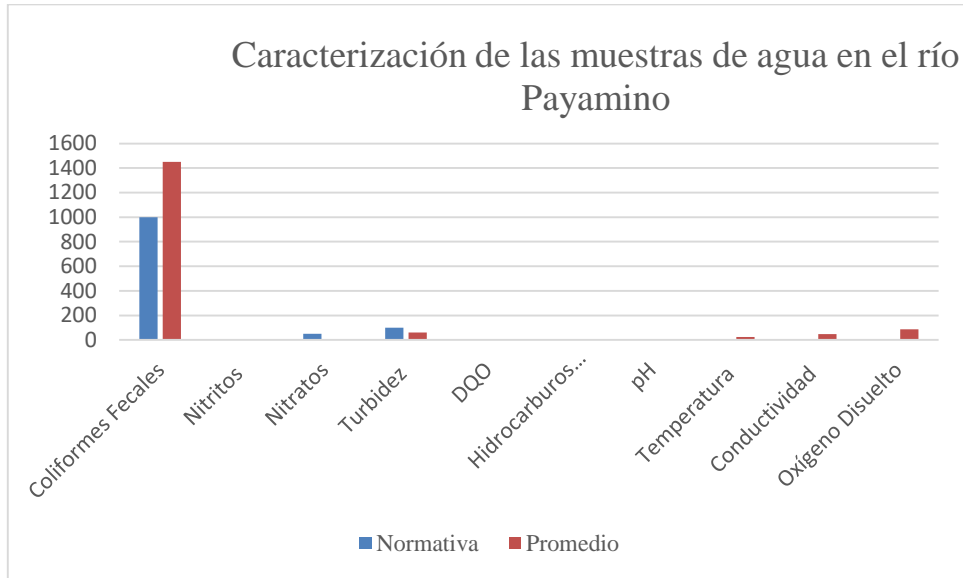


Ilustración 16-4: Caracterización de las muestras de agua en el río Payamino

Realizado por: Masabanda Luz; Vega Ulmer. 2023.

Tabla 2-4: Cumplimiento de normativa del agua del río Payamino

Parámetro	Normativa (límite permitido)	Promedio de las tres muestras del agua cruda	Cumple/ no cumple
	Acuerdo Ministerial 097- A		
Coliformes Fecales	1000 UFC/100ml	1450 UFC/100ml	No cumple
Nitritos	0,2 mg/L	0,05 mg/L	Cumple
Nitratos	50,0 mg/L	2,8 mg/L	Cumple
Turbidez	100,0 NTU	59,67 NTU	Cumple
DQO	<4 mg/L	<23 mg/L	Cumple
Hidrocarburos Totales de Petróleo	0,2 mg/L	<1,2 mg/L	Cumple
pH	6-9	6,9	Cumple
Temperatura	No establece límites	24,58 °C	

Conductividad	No establece límites	47 $\mu\text{S}/\text{cm}$	
Oxígeno Disuelto	No establece límites	86.3 mg/L	

Realizado por: Masabanda Luz; Vega Ulmer. 2023.

En lo referente a los coliformes fecales que se identificaron en las muestras de agua del río Payamino, previo al ingreso a la planta potabilizadora, encontramos una presencia en promedio de 1450 UFC/100ml aplicando el método SM/9222 D/29, la normativa nos menciona que en lo referente a coliformes fecales el límite permitido es 1000 ufc/100ml, por lo tanto, podemos decir que el agua que ingresa a la planta tiene un alto nivel de coliformes fecales, que si contrastamos con los obtenidos en las muestras de la planta potabilizadora en la cual presentaron ausencia de coliformes fecales, podemos decir que se está aplicando un correcto proceso de potabilización.

Para los nitritos las muestras nos arrojan que, en promedio se tiene 0.05 miligramos por cada litro, la normativa menciona que los límites permitidos son de 3.0 mg/L, por lo tanto el agua cuenta con valores inferiores a este límite, lo que podemos mencionar que el agua cumple con este requisito, en los nitratos en cambio tenemos un promedio de 2.8 mg/L y la normativa nos menciona que el límite es 50.0 mg/L por lo que podemos decir que en esta característica el agua que ingresa a la planta potabilizadora se encuentra en los límites permitidos.

Para la turbidez, el promedio obtenido fue de 59.67 NTU y la normativa nos menciona que el límite permitido es de 100 NTU, por lo tanto el agua obtenida en el río Payamino cumple los límites correspondientes a la turbidez, sin embargo, en la planta potabilizadora baja a un promedio de 2.65 NTU que se encuentra también en los límites permitidos, lo que podemos mencionar que se está aplicando mecanismos adecuados para controlar esta característica.

En la Demanda Química de Oxígeno, el agua que proviene del río Payamino hacia la planta potabilizadora, tiene un promedio de menor que 23 miligramos por litro y en el límite permitido nos menciona que debe ser de menor a 4 mg/L, por lo tanto, el nivel del DQO en el río está dentro del rango permitido.

Para la presencia de hidrocarburos totales de petróleo, tenemos en los resultados de la muestra un promedio de menor a 1.2 miligramos por litro, y cuando revisamos los límites permitidos nos dice que es 0.2 ml/L por lo tanto el agua del río Payamino está dentro de los límites que condiciona la norma.

El agua del río Payamino tiene un pH de 6,9 y el límite permitido nos menciona, que debe ser de 6-9 es decir se encuentra en los límites permitidos, la temperatura es de 24,58°C, tiene una conductividad de 47 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y el ultimo parámetro sobre oxígeno disuelto es de 86.3 mg/L.

Para la caracterización de las muestras de agua en la planta potabilizadora Los Álamos se midieron coliformes fecales, nitritos, nitratos, turbidez, cloro libre residual, pH, temperatura, conductividad, se tomaron tres muestras en diferentes días y una vez obtenidas las muestras fueron llevadas al laboratorio en donde los resultados fueron lo que se detallan en la tabla 3-4.

Tabla 3-4: Caracterización de las muestras de agua en la planta potabilizadora

Elementos	Muestra 1 8/07/2022	Muestra 2 12/07/2022	Muestra 3 15/07/2022	Promedio
Coliformes Fecales	<2 UFC/100ml	<2 UFC/100ml	<2 UFC/100ml	<2 UFC/100ml (Ausencia UFC/100ml)
Nitritos	0,05 mg/L	0,04 mg/L	0,06 mg/L	0,04 mg/L
Nitratos	1,20mg/L	1,18mg/L	1,19mg/L	1,19mg/L
Turbidez	2,65 NTU	2,64 NTU	2,66 NTU	2,65 NTU
Cloro libre residual	0,28mg/L	0,30mg/L	0,32mg/L	0,30mg/L
pH	7,20	7,13	6,97	7.1
Temperatura	26,80 °C	6,56 °C	26,78 °C	26.7°C
Conductividad	86,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$	93,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$	80 $\mu\text{S}/\text{cm}$	87,9 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Fuente: agua potabilizadora los Álamos

Realizado por: Masabanda Luz; Vega Ulmer. 2023.

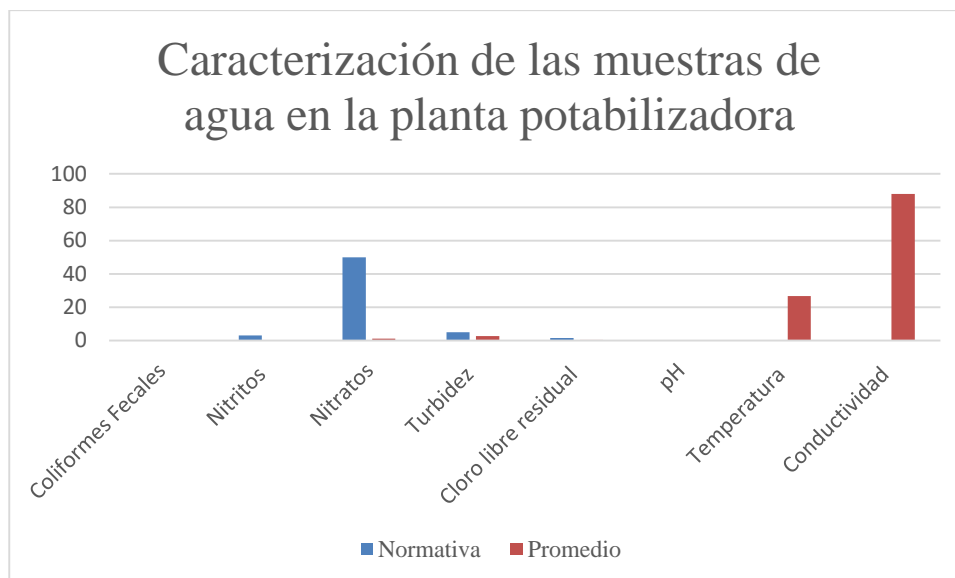


Ilustración 17-4: Caracterización de las muestras de agua en la planta potabilizadora

Fuente: agua potabilizadora los Álamos

Realizado por: Masabanda Luz; Vega Ulmer. 2023.

Tabla 4-4: Cumplimiento de normativas del agua de la planta potabilizadora

Parámetro	Normativa (límite permitido)	Promedio de las tres muestras del agua potable	Cumple/ no cumple
	INEN 1108: 2020		
Coliformes Fecales	Ausencia UFC/100ml	<2 UFC/100ml (Ausencia UFC/100ml)	Cumple
Nitritos	3,0 mg/L	0,04 mg/L	Cumple
Nitratos	50,0 mg/L	1,19mg/L	Cumple
Turbidez	5 NTU	2,65 NTU	Cumple
Cloro libre residual	0,3 a 1,5 mg/L	0,30mg/L	Cumple
pH	No establece límites	7.1	
Temperatura	No establece límites	26.7°C	
Conductividad	No establece límites	87,9 µS/cm	

Fuente: Agua potabilizadora los Álamos

Realizado por: Masabanda Luz; Vega Ulmer. 2023.

En lo referente a los coliformes fecales que se identificaron en las muestras de agua de la planta potabilizadora los Álamos, encontramos una presencia en promedio de <2 UFC/100ml aplicando el método SM/9222 D/29, la normativa nos menciona que en lo referente a coliformes fecales debe tener ausencia, por lo tanto, podemos decir que el agua cumple con la normativa en lo que

se refiere a coliformes fecales, puesto que la norma menciona que ausencia es igual a <2 UFC por cada 100 ml.

Para los nitritos las muestras nos arrojan que en promedio se tiene 0,04 miligramos por cada litro, la normativa menciona que los límites permitidos son de 3,0 mg/L, por lo tanto, el agua cuenta con valores inferiores a este límite, lo que podemos mencionar que el agua cumple con este requisito, en los nitratos en cambio tenemos un promedio de 1,9 miligramos por litro, y la normativa nos menciona que el límite es 50,0 mg/L por lo que podemos decir que en esta característica el agua se encuentra en los límites permitidos.

Para la turbidez el promedio obtenido es de 265 NTU y la normativa nos menciona, que el límite permitido es de 5 NTU por lo tanto, el agua obtenida en la planta potabilizadora cumple con estar dentro de los límites correspondientes a la turbidez.

En lo que se refiere al cloro libre residual, en promedio tenemos 0.30 miligramos por litro y el límite permitido se encuentra en los rangos de 0.3 a 1.5 mg/l, por lo tanto el agua tienen un cloro residual con el límite inferior que permite la norma.

Finalmente, se tiene los resultados del pH de 7.1, una temperatura de 26.7 °C y la conductividad del agua potable fue un promedio de 87,9 µS/cm. Cabe mencionar que estos parámetros no fijan límites en la normativa INEN 1108: 2020.

Alternativas de mejoramiento de la planta potabilizadora

Al identificar el cumplimiento de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos, se propone medir otros parámetros complementarios a los ya realizados para poder corroborar la información obtenida en este estudio. Es por eso que una alternativa de mejora en el proceso es aplicar medidas de monitoreo y de evaluación de la calidad del agua ya que constituye una herramienta esencial para el control y mitigación de riesgos siempre que estas sean controladas y comparadas con las normativas vigentes.

La planta potabilizadora debe generar un registro mensual de las pruebas de laboratorio, tanto microbiológicas como fisicoquímicas, lo que permite la generación de información para crear una línea base que permitirá, identificar posibles fuentes de contaminación para que nos admita tomar medidas de prevención y corrección, para garantizar proyectarnos a garantizar la calidad del agua y por lo tanto el cuidado de la salud de los usuarios.

Además de los análisis antes mencionados a las muestras de agua es indispensable realizar un Protocolo de Monitoreo de Calidad de Agua, que detallamos a continuación:

Protocolo de monitoreo de calidad de agua

El presente documento aporta a la planta potabilizadora los Álamos, lineamientos prácticos para implementar un programa eficaz de monitoreo de calidad de agua, de esta manera se podrá evitar que el agua pueda tener con el tiempo efectos dañinos en los consumidores. Los lineamientos también permitirán a la industria cumplir con las normas de calidad existentes que se requiere para su normal funcionamiento.

Parámetros de monitoreo

Los estándares de calidad del agua, que deben ser controlados por las instituciones deben tener concordancia con los contaminantes potenciales que puedan aparecer en las aguas en donde se receipta y de donde se distribuye. Los parámetros que se muestran en la siguiente sección deben estar incluidos, como mínimo, en cualquier programa de monitoreo de calidad de aguas.

A continuación, las razones por las que es necesario analizar cada parámetro:

pH

El pH es un medidor de acidez que permite conocer la cantidad de iones de hidrógeno que se encuentra en el agua, por lo general, el nivel debe ser menor a 8 y mayor a 6,5 si se supera este rango, el agua se convierte en perjudicial para el consumo y el hábitat de las diferentes especies acuáticas, produciendo alteraciones a nivel celular.

Conductividad

La conductividad del agua es una característica propia de la misma que le permite producir y transmitir corriente eléctrica, varía dependiendo de la velocidad con la que se mueve la solución y la cantidad de iones. También influye la temperatura que en ese momento posea el agua.

Turbidez

Cuando hablamos de turbidez, nos referimos a la presencia de pequeñas partículas sólidas suspendidas en el agua. Esto a menudo se asocia con la falta de claridad del agua. En otras

palabras, cuanto mayor sea el nivel de sólidos en suspensión en el agua, menos transparente será el agua.

Cloro libre residual

La desinfección del agua con cloro es un proceso muy importante en este campo, ya que además de desinfectar el agua, mejora el color especialmente de aguas con complejos coloreados y hierro.

Coliformes fecales

Los coliformes fecales son un subgrupo de los coliformes totales. Los desechos derivados de humanos y animales crean bacterias conocidas como coliformes fecales, estos presentan el nivel de contaminación que posee el agua derivada de la contaminación fecal.

Nitritos

La cantidad de nitritos depende de si el medio es oxidante o reductor y de la presencia de los organismos capaces de provocar la transformación en un compuesto. Las concentraciones de nitrito en las aguas superficiales son muy bajas, pero pueden ser inesperadamente altas debido a la contaminación de fuentes naturales, como los procesos de mineralización y la nitrificación de materia orgánica por bacterias.

Nitratos

El nitrato, es consecuencia de la oxidación por microorganismos de tipo nitrobacter del amoníaco y fuentes similares. En general no es considerado tóxico a menos que llegue a altas concentraciones.

Metales pesados

Los metales pesados son un grupo denso de elementos químicos. Generalmente son tóxicos para los humanos y se encuentran entre los más comunes en el agua son el mercurio, el níquel, el cobre, el plomo y el cromo.

Muestreo en campo y lineamientos para la manipulación

Tiempos de Almacenamiento

Los tiempos de almacenamiento muestra los lineamientos para los parámetros que se recomienda incluir en el programa de monitoreo de la calidad del agua, no siempre es posible cumplir con estas recomendaciones ya que influyen una serie de factores de localización como, la distancia del lugar o transportes no adecuados, por lo tanto, es recomendable que se presente la información necesaria para garantizar que los resultados analíticos sean óptimos y se mantenga la integridad de la muestra, esto se puede lograr mediante un estudio comparativo en el laboratorio entre los resultados tanto de los procedimientos recomendados como de la alternativa solicitada.

Recolección y Manipulación de Muestras

Estos procedimientos no son constantes debido a que influyen varios factores, principalmente la ubicación y las condiciones del lugar, al ser la etapa más importante del proceso, es necesario reunir las condiciones adecuadas para recolectar la muestra y transportarla para lograr un resultado óptimo.

Para recolectar y manipular muestras, se deben seguir los siguientes pasos:

- Los envases en donde se van a depositar las muestras deben estar completamente limpios y secos.
- Todos los instrumentos que entren en contacto con la muestra deben ser sanitizados antes de iniciar el proceso.
- Es importante que antes de recoger la muestra, los envases sean sumergidos a modo de enjuague en la misma agua de la que se tomará la muestra.
- Los envases se deben llenar por completo. Evitar que queden espacios con aire a menos que sea necesario.
- Se deben registrar los envases con un código que haga referencia a la muestra.
- Es importante registrar el lugar y fecha de recolección de la muestra para tener un historial de esta.

En cada hoja de datos obtenida por punto de muestreo, debe constar la siguiente información:

Datos generales: Nombre y número de estación, nombre y dirección del lugar de recolección, nombre de la persona encargada de la recolección, fecha y hora, condiciones climáticas del momento de la recolección.

Datos de campo: Observaciones y resultados de campo

Los datos de campo deben incluir la información detallada de las muestras recolectadas, el número de muestras, si la muestra fue aleatoria o compuesta y los preservantes utilizados en la recolección, una muestra aleatoria se toma de forma individual y en un corto tiempo, mientras que la compuesta consiste en tomar varias muestras de un mismo lugar a diferentes horas.

Recolección de Muestras de Aguas Receptoras

El proceso para recoger muestras de aguas receptoras, se asemejan a los usados para tomar muestras de aguas de descarga, la diferencia es que por el tamaño del lugar y de la muestra se requiere de equipo adicional y personal especializado ya que, si se necesita una muestra muy profunda, se debe optar por máquinas específicas.

Embalaje y Envío de las Muestras

Es importante conocer, el lugar en donde será analizada la muestra y los tiempos de entrega de estas, ya que, si no se tienen que llevar a un laboratorio y van a permanecer guardadas por un tiempo, es necesario depositarlas en un contenedor térmico juntamente con las hojas de datos y su respectiva solicitud de análisis. Si los envases de las muestras son de vidrio, estos deben ser embalados para evitar algún tipo de rotura o peor aún, se derrame la muestra, una vez embaladas, se colocan en el contenedor térmico, mismo que debe estar a una temperatura no mayor a los 4 °C hasta que la muestra llegue a su destino.

Tabla 5-4: Cronograma de monitoreo anual de los parámetros a analizar

Actividad	Indicador	Medio de verificación	Tiempo de ejecución (meses)												Responsable
			Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	octubre	Noviembre	Diciembre	
Determinación de pH en el tanque de distribución	Nivel de cumplimiento de los parámetros de análisis y muestreo físico, químico y microbiológico. $\left(\frac{N^{\circ}. Muestras\ ejecutadas}{N^{\circ}. Muestras\ planificadas} \right) * 100$	Mediante informes de los análisis del agua potable.													Técnico del laboratorio de control de calidad de la planta potabilizadora Los Alamos
Determinación de turbidez en el tanque de distribución															
Determinación de la conductividad eléctrica en el tanque de distribución															
Determinación de nitritos en el tanque de distribución															
Determinación de nitratos en el tanque de distribución															
Determinación de cloro libre residual en el tanque de distribución															
Determinación de coliformes fecales en el tanque de distribución															
Determinación de metales pesados en el tanque de distribución															
											Mes de análisis				

Realizado por: Realizado por: Masabanda Luz; Vega Ulmer. 2023.

El cronograma es de estricto cumplimiento de la planta potabilizadora por lo cual es la institución quien debe fijar el responsable y los procedimientos adecuados para su ejecución, así mismo recomendamos usar las aplicadas en este trabajo de investigación. Debemos mencionar que lo recomendable a nivel mundial es realizar estos análisis al inicio de cada temporada ambiental del año, sin embargo, nuestra realidad climática, no permite llevar un control fijo de cambio de temperatura por lo cual bajo un análisis técnico se ha propuesto realizar con los espacios de tiempo detallados en el cronograma.

La valoración de los resultados obtenidos al ser de monitoreo se podrá verificar y comprobar con los resultados de este trabajo, para de esta maneja mantener los tiempos establecidos o de ser necesario ajustarlos a tiempos diferentes, con el objetivo de optimizar recursos y sobre todo de controlar la calidad de agua del afluente y del efluente

Manejo de datos y garantía de calidad

En este apartado se pone en contexto las orientaciones a tomar en cuenta para el manejo de datos referentes a aguas receptoras y descargas, con el fin de generar un programa de control de calidad donde se garantice, que todos los datos recolectados tanto de campo como de laboratorio sean totalmente reales.

Garantía de Calidad/Control de Calidad

Son un conjunto de normas operativas que se deben seguir durante el proceso de recolección y análisis de muestras, para que se brinde garantía de calidad a los datos obtenidos mismos que se puedan sustentar y acoger como reales. Mientras que el CC o Control de Calidad es el procedimiento de rutina a seguir para optimizar los procesos de medición y rendimiento.

Manejo de Datos

El manejo de datos es una de las partes más importantes del proceso, ya que de ello depende el correcto análisis e identificación de la muestra y lugar, por lo que una vez recogidos, se deben ingresar a una base de datos computarizada que ofrecen los programas de monitoreo, en este caso el de calidad de agua.

Las hojas de cálculo permiten organizar y llevar un mejor registro de datos, una vez recibidos los datos tanto del campo como del laboratorio, estos deben ser analizados minuciosamente para

corroborar su procedencia y veracidad. Primero se debe revisar los formularios para identificar errores o algún dato faltante, luego se procede a ingresar los valores al programa de monitoreo en donde se podrá verificar si existen datos diferentes. Finalizado este proceso, se pasan los datos a hojas de cálculo y posteriormente a tablas donde se podrá analizar los resultados y posteriormente concluir si hubo cambios espaciales y temporales.

CONCLUSIONES

Se realizó el levantamiento de la información base de la planta potabilizadora, de la cual se tomaron 3 muestras a la entrada de la planta potabilizadora, y 3 muestras a la salida, en diferentes fechas, de los cuales se midieron niveles de contaminantes que nos permitieron caracterizar la calidad de agua en sus componentes físicos, químicos y microbiológicos, todas estas obteniendo resultados óptimos para el consumo humano, además la medición de satisfacción de los consumidores, misma que corrobora que el servicio brindado por la planta potabilizadora es de un impacto positivo para la sociedad. Para mantener la calidad del servicio se propuso un protocolo de monitoreo de calidad de agua.

Podemos concluir, que el agua captada en el río Payamino no cumple con los niveles establecidos de unidades formadoras de colonia (UFC) en sus compuestos, la normativa indica que debe tener como límite permitido 1000 UFC/100ml, y en los resultados obtenidos se reportaron 1400 UFC/100.

Al analizar los parámetros físicos y químicos en lo correspondiente a pH, turbidez, nitritos, nitratos, DQO y TPH, según las muestras tomadas en el agua captada del río Payamino, los valores están dentro de los límites permitidos para el agua de consumo humano, comparados según la normativa del Acuerdo Ministerial 097 A Anexo 1, tabla 1.

Al analizar los parámetros físicos, químicos, y microbiológicos, obtuvimos en lo correspondiente a nitritos, nitratos, turbidez, cloro residual y coliformes fecales según las muestras tomadas a la salida de la planta potabilizadora, los valores están dentro de los límites permitidos para el agua de consumo humano, comparados según la normativa INEN 1108.

La información primaria obtenida sobre la planta potabilizadora Los Álamos, así como también del río Payamino nos aportó para poder realizar las diferentes mediciones de calidad del agua, así como también el poder determinar la naturaleza de cada resultado obtenido, la información que se levantó en los diferentes barrios que acogen el servicio de agua potable, corrobora su satisfacción de pago con las tarifas impuestas actualmente, también con la percepción de calidad en sus características físicas y su nivel de satisfacción del servicio integral que ofrece la planta potabilizadora.

RECOMENDACIONES

En la presente investigación se recomienda realizar un estudio periódico del estado de la calidad de agua del sistema de tratamiento de agua potable Los Álamos y mantener un registro actualizado del estado actual.

Recomendamos comunicar y difundir información a los consumidores del servicio de agua potable, puesto que el 50% de los consumidores desconocen el origen del agua puesto que creen que el líquido vital que consumen proviene del río Coca y no del río Payamino, esto ayudará a que la ciudadanía tome conciencia sobre el cuidado de contaminación de los ríos que abastecen de este recurso.

Con el objetivo de consolidar información histórica sobre el río Payamino y la planta potabilizadora los Álamos, se recomienda que los registros y las diferentes investigaciones sobre el río y la institución, ingresen a un proceso de archivo para que sirva como fuente de información primaria para posteriores investigaciones.

Se recomienda realizar la caracterización del agua potable, en la red de distribución de los barrios que utilizan este servicio, para determinar la calidad de agua en los hogares, ya que puede existir una contaminación cruzada en la red de distribución.

BIBLIOGRAFÍA

ÁLVAREZ ARANGO, L.F. Metodología para la utilización de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. 2005. [en línea]. Ed. 10. Bogotá-Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2005, pp.00-00. [Consulta: 15 de noviembre de 2020]. Disponible en: <http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/31357>. ARMAS, S., VALLEJO,

B., CABRERA, T. y GONZÁLEZ ESCUDERO, M. "Generación de indicadores de pasivos ambientales y sociales para el subsistema de inteligencia de estadísticas aplicado a las actividades hidrocarburíferas". FIGEMPA: Investigación y Desarrollo [en línea], vol. 1 (2016) (Quito, Ecuador), pp.85-92. DOI 10.29166/revfig.v1i2.894. Disponible en: <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/RevFIG/article/view/894/904>

CANALES FLORES, R.A. Composición química y tipos de agua naturales [blog]. [Consulta: 29 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/prepa2/n3/e2.html>.

COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE [CEPAL], La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar [en línea]. 2002. [Consulta: 23 diciembre 2020]. ISBN 978-92-1-322090-0. Disponible en: <https://www.cepal.org/es/publicaciones/6411-la-contaminacion-rios-sus-efectos-areas-costeras-mar>.

ESPIÑOZA GÁRATE, J.D. Análisis de la calidad de agua de la microcuenca del río Alcacay como herramienta de gestión de los recursos hídricos. (Trabajo de titulación) (Grado académico) [en línea]. Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Químicas, Carrera de Ingeniería Ambiental. Cuenca, Ecuador. 2019, pp. 47-50. [Consulta: 31 diciembre 2020]. Disponible en: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/32280/1/Trabajo%20de%20titulaci%C3%B3n.pdf>.

ENCALADA, C.J. Evaluación de la calidad de agua a través de macroinvertebrados bentónicos e índices biológicos en ríos tropicales en bosque de neblina montano. Avances en Ciencias e Ingeniería [en línea], 2009, 1. [Consulta: 30 noviembre 2020]. DOI 10.18272/aci.v1i1.4.. Disponible en: <http://www.uide.edu.ec/wpcontent/uploads/investigacion/publicaciones/produccion-cientifica/3-evaluacion-ecologica-riolliquino-macroinvertebrados-acuaticos-pastaza.pdf>

GARCÍA, J.M., SARMIENTO, L.F. y SALVADOR, M. Uso de bioindicadores para la evaluación de la calidad del agua en ríos: aplicación en ríos tropicales de alta montaña. Revisión corta. 2016, 23 (6), pp. 47-62.

IBERDROLA. La contaminación del agua: cómo no poner en peligro nuestra fuente de vida. [blog]. [Consulta: 29 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/contaminacion-del-agua>.

IUSC, I.U.S.C. Las cuencas hidrográficas. [blog]. [Consulta: 29 diciembre 2020]. Disponible en: https://www.iusc.es/recursos/ecologia/documentos/c11_cuen_hidro.htm.

PENGUE, W. A. (COMP.) Y FAL, J. (COMP.) *Tajos en la tierra: miradas sobre la explotación del ambiente y los recursos naturales en la Argentina*. [en línea]Argentina (2021)., CLACSO. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/epoch/175187?page=27>.

Pengue, W. A. (Comp.) y Fal, J. (Comp.) (2021). *Tajos en la tierra: miradas sobre la explotación del ambiente y los recursos naturales en la Argentina*. Argentina, CLACSO. Recuperado de <https://elibro.net/es/ereader/epoch/175187?page=28>.

LÓPEZ, F.J. ¿De dónde sale el continuo cauce de agua de los ríos? Agua [en línea]. 2015. [Consulta: 29 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.iagua.es/blogs/francisco-jose-lopezfra/donde-sale-continuo-cauce-agua-rios>

MONTES, C. y BOHORQUEZ, M. Los bioindicadores como herramienta de evaluación de la calidad de agua en uno de los afluentes del Río Combeima. [en línea]. 2012 [Consulta: 5 enero 2021]. Disponible en: <https://www.monografias.com/trabajos71/bioindicadores-herramienta-evaluacion-calidad-agua/bioindicadores-herramienta-evaluacion-calidad-agua2.shtml>.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAD, Departamento de Asuntos Sociales de Naciones Unidas [ONU-DAES]. Decenio Internacional para la Acción "El agua, fuente de vida" 2005-2015. [blog]. ONU, 2014. [Consulta: 23 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml>.

Val, E. D. *Ecología y evolución de las interacciones bióticas*. México, D.F, FCE - Fondo de Cultura Económica. 2012. Recuperado de <https://elibro.net/es/ereader/epoch/111085?page=11>.

FRANCO OLIVARES, V. H. Y SIQUEIROS DELGADO, M. E. *Flora apícola del Estado de Aguascalientes*. 2019 Universidad Autónoma de Aguascalientes. Recuperado de <https://elibro.net/es/ereader/epoch/131228?page=43>.

KAESLIN, E. La fauna silvestre en un clima cambiante. Roma, Italy: D - FAO. 2013 Recuperado de <https://elibro.net/es/ereader/epoch/66104?page=13>.

PÉREZ, J., MARTÍNEZ, L., CASTELLANOS, L., MORA, A. y ROCHA, Z. Macroinvertebrados bioindicadores de calidad de agua en sistemas hídricos artificiales del Departamento de Boyacá, Colombia. *Revista Producción*. 2020, 15 (1), pp. 1-3. ISSN 10.22205. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7816278>

RED AMBIENTAL DE ASTURIAS. El ciclo hidrológico del agua - Portal de Medio Ambiente. [en línea]. 2020. [Consulta: 31 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.asturias.es/portal/site/medioambiente/menuitem.1340904a2df84e62fe47421ca6108a0c/?vgnnextoid=b74b33f079a49210VgnVCM10000097030a0aRCRD>.

ROJAS, L.V., MACÍAS, N.A. y FONSECA, D.F. El Índice de Calidad de Agua como herramienta para la gestión de los recursos hídricos. 2009, 16, pp. 5. ISSN 1683-8904. Disponible en: <http://ama.redciencia.cu/articulos/16.01.pdf>

GONZÁLEZ MOLINA, P. Elementos abióticos, bióticos y antrópicos. UF0732. Logroño, Spain: Editorial Tutor Formación. 2018 Recuperado de <https://elibro.net/es/ereader/epoch/44264?page=14>.

SBARATO, R. D. ORTEGA, J. E. Y SBARATO, V. M. *Los estudios de impacto ambiental*. Córdoba, Argentina: Editorial Brujas. 2016 Recuperado de <https://elibro.net/es/ereader/epoch/77039?page=22>.

ANEXOS

ANEXO A: TOMA DE MUESTRAS



ANEXO B: TOMA DE DATOS



ANEXO C: VERIFICACIÓN DE EQUIPOS



ANEXO D: REALIZACIÓN DE ENCUESTAS





epoch

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 27 / 03 / 2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Ulmer Nicolas Vega Paladines Luz Maribel Masabanda Portero
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería Ambiental
Título a optar: Ingeniero Ambiental
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.

Leonardo MEDINA.
30-03-2023



0585-DBRA-UPT-2023