



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Título del Proyecto

**INVENTARIO DE LOS TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES EN 15
POBLADOS DE LAS PROVINCIAS DE CHIMBORAZO Y TUNGURAHUA DEL
ECUADOR.**

Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero Civil

Autor:

Toledo Parra Cinthya Mishell

Tutor:

Ing. Alfonso Patricio Arellano Barriga

Riobamba, Ecuador. 2024

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, Cinthya Mishell Toledo Parra con cédula de ciudadanía 060470433-8, autor del trabajo de investigación titulado “Inventario de los tratamientos de aguas residuales en 15 poblados de las provincias de Chimborazo y Tungurahua del Ecuador” certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

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

En Riobamba, 24 de enero de 2024.



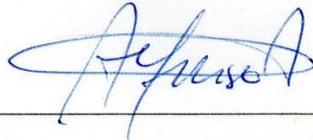
Cinthya Mishell Toledo Parra

C.I: 060470433-8

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

Quien suscribe, Ing. Alfonso Patricio Arellano Barriga. MSc, catedrático adscrito a la Facultad de Ingeniería, por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación titulado: **INVENTARIO DE LOS TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES EN 15 POBLADOS DE LAS PROVINCIAS DE CHIMBORAZO Y TUNGURAHUA DEL ECUADOR**, bajo la autoría de Cinthya Mishell Toledo Parra; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los 24 días del mes de enero de 2024.



Ing. Alfonso Patricio Arellano Barriga. MSc.

C.I: 0601823313

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación **INVENTARIO DE LOS TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES EN 15 POBLADOS DE LAS PROVINCIAS DE CHIMBORAZO Y TUNGURAHUA DEL ECUADOR**, presentado por Cinthya Mishell Toledo Parra, con cédula de identidad número 0604704338, bajo la tutoría de Ing. Alfonso Arellano; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba a los 02 días del mes de febrero de 2024.

Ing. Jessica Paulina Brito Noboa, Mgs

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



Firma

Ing. Maria Gabriela Zuñiga Rodriguez, Mgs

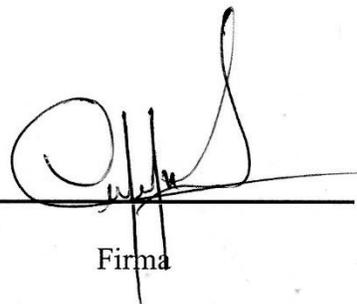
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Firma

Ing. Nelson Estuardo Patiño Vaca, Mgs

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Firma



Dirección
Académica
VICERRECTORADO ACADÉMICO

en movimiento



UNACH-RGF-01-04-08.15
VERSIÓN 01: 06-09-2021

CERTIFICACIÓN

Que, **TOLEDO PARRA CINTHYA MISHELL** con CC: **0604704338**, estudiante de la Carrera **INGENIERÍA CIVIL**, Facultad de **INGENIERÍA**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado **"INVENTARIO DE LOS TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES EN 15 POBLADOS DE LAS PROVINCIAS DE CHIMBORAZO Y TUNGURAHUA DEL ECUADOR"**, cumple con el **6%**, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **URKUND**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 24 de enero de 2024


Ing. Alfonso Arellano
TUTOR

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación se lo dedico a Dios padre creador, quien me ayuda en todo momento a comprender y a luchar contra las adversidades.

A mi madre, “Hipatia”, quien ha sido el pilar fundamental a lo largo de toda mi vida, quien me ha guiado y me ha dado ánimo para seguir adelante, mi motor y mi orgullo siempre.

A mi padre, “David”, quien me ha acompañado incondicionalmente apoyándome en todo momento y me ha guiado siempre como un padre ejemplar.

A mis hermanos, “Anthony, Alejandro y Sebastián” quienes han estado acompañándome y dándome ánimos siempre.

A mis amigos que me han motivado y fortalecido en esta etapa de mi vida y finalmente a quienes me han brindado la oportunidad de crecer más allá de las enseñanzas académicas.

Con cariño y gratitud,

Cinthya M. Toledo P.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, le doy gracias a Dios, por siempre guiarme, darme fuerzas para luchar y no rendirme y así poder concluir esta etapa.

A mis padres, por su apoyo incondicional, por darme ánimos a lo largo de todos estos años y por siempre enseñarme que todo sacrificio tiene su recompensa, a mis hermanos pequeños por siempre estar incondicionalmente.

A la querida Universidad Nacional de Chimborazo, por ser mi templo del saber y en especial a la Carrera de Ingeniería Civil por formarme y darme todos los conocimientos necesarios para mi vida profesional.

A mi tutor, Ing. Alfonso Arellano por su apoyo y paciencia durante todo el proceso.

A todos mis amigos y compañeros con quienes hemos compartido gratos momentos.

Cinthy M. Toledo P.

ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	
DECLARATORIA DE AUTORÍA.....	
DICTAMEN FAVORABLE DEL AUTOR.....	
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL.....	
CERTIFICACIÓN ANTIPLAGIO.....	
DEDICATORIA.....	
AGRADECIMIENTO.....	
ÍNDICE DE TABLAS.....	
ÍNDICE DE FIGURAS.....	
GLOSARIO	
RESUMEN.....	
ABSTRACT.....	
1.CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	15
1.1 ANTECEDENTES.....	15
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	25
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	25
1.4 OBJETIVOS	26
1.4.1 OBJETIVO GENERAL	26
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	26
2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	27
2.1 MARCO TEÓRICO.....	27
2.1.1 AGUAS RESIDUALES	27
2.1.2 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	27
2.1.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES.....	27

2.1.4 TIPOS DE AGUAS RESIDUALES	29
2.1.5 UNIDADES DE TRATAMIENTO.....	29
2.1.6 COMPONENTES PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL	30
2.1.7 AGUA RESIDUAL TRATADA	31
2.2 ESTADO DEL ARTE	33
3. CAPITULO III. METODOLOGÍA	35
4. CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	38
4.1 ANÁLISIS DE LA EXISTENCIA DE PLANTAS DE TRATAMIENTO.....	38
4.2 ANÁLISIS DE PORCENTAJE DE COBERTURA.....	40
4.3 ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DE LOS CAUDALES EN LAS PTARS	41
4.4 ANÁLISIS DE UNIDADES DE TRATAMIENTO EN CADA PTAR	43
4.5 ANÁLISIS DEL PARÁMETRO DE MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	45
4.6 ANÁLISIS DEL PARÁMETRO DE CANTIDAD DE NÚMERO DE TÉCNICOS DE OPERACIÓN.....	46
4.7 ANÁLISIS DEL PARÁMETRO DE COSTO ANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	47
4.8 ANÁLISIS DEL PARÁMETRO DE DIFUSIÓN INTERNA Y EXTERNA DE REPORTE DE CALIDAD DE AGUA.....	48
4.9 ANÁLISIS DEL PARÁMETRO DE COBRO DE TARIFA.....	49
4.10 ANÁLISIS DEL PARÁMETRO DE CALIDAD DE AGUA	52
4.11 ANÁLISIS DE PARÁMETRO ARCA	53
5. CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	54
5.1 CONCLUSIONES.....	54
5.2 RECOMENDACIONES	55
6. BIBLIOGRAFÍA.....	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Poblados en los que se realizó el inventario.....	24
Tabla 2 Características físicas del agua residual.	27
Tabla 3 Características químicas del agua residual	28
Tabla 4 Características biológicas del agua residual	28
Tabla 5 Unidades de Pretratamiento.....	29
Tabla 6 Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.....	32
Tabla 7 Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce (continuación).	33
Tabla 8 Datos válidos para el inventario	37
Tabla 9 Número de plantas de tratamiento en cada poblado	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 GAD Municipales que realizan procesos de tratamiento de aguas residuales a nivel nacional del 2019-2021.	15
Figura 2 Plantas de tratamiento de aguas residuales, en los GAD Municipales, a nivel provincial del año 2021.	17
Figura 3 Agua Residual que ingresa a Plantas de Tratamiento de los GAD Municipales, a nivel regional del año 2021.	18
Figura 4 Cantones en los que se levantó información.	19
Figura 5 Cantones en los que se levantó información de Chimborazo	20
Figura 6 Cantones en los que se levantó información de Tungurahua.....	23
Figura 7 Metodología del proyecto de investigación	35
Figura 8 Porcentaje de existencia de plantas de tratamiento de aguas residuales en los cantones de estudio de Chimborazo y Tungurahua.	40
Figura 9 Cobertura en los 27 poblados de estudio.	41
Figura 10 Caudal inyectado a la planta de agua residual.	42
Figura 11 Caudal vertido a fuentes hídricas	43
Figura 12 Porcentaje de unidades de tratamiento.....	44
Figura 13 Porcentaje por provincias.....	45
Figura 14 Manual de Operación.....	46
Figura 15 Técnicos de operación.....	47
Figura 16 Costo Anual de Operación y Mantenimiento.....	48
Figura 17 Difusión Interna y Externa De Reportes de Calidad de Agua.	49
Figura 18 Tarifa que cobra una PTAR	50
Figura 19 Operación y Mantenimiento en Chimborazo y Tungurahua.....	51
Figura 20 Cumplimiento de Parámetros TUSLA	53
Figura 21 Porcentaje de Capacidad Actual de Tratamiento de Aguas Residuales	54

GLOSARIO

INEC: Instituto Nacional de Estadística y Censos.

GAD: Gobierno Autónomo Descentralizado.

GADMs: Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales.

TULSMA: Texto unificado de legislación secundaria de medio ambiente.

ARCA: Agencia de Regulación y Control del Agua.

AME: Asociación de Municipalidades Ecuatorianas.

BDE: Banco de Desarrollo del Ecuador.

CESA: Central Ecuatoriana de Servicios Agrícolas.

INAMHI: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.

SENAGUA: Secretaría del Agua.

PDYOT: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial.

PTAR: Planta de Tratamiento de Agua Residual.

DBO: Demanda Bioquímica de Oxígeno.

DQO: Demanda Química de Oxígeno.

SST: Sólidos Suspendidos Totales.

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo realizar un inventario de los tratamientos de aguas residuales en 27 poblados ubicados en las provincias de Chimborazo y Tungurahua, Ecuador. La gestión adecuada de las aguas residuales es esencial para preservar la salud pública y el medio ambiente, especialmente en áreas urbanas en crecimiento. Este estudio aborda la necesidad de evaluar la infraestructura existente, identificar prácticas de tratamiento y proponer mejoras para garantizar la eficiencia y sostenibilidad de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en estos poblados. La metodología empleada comprende un análisis detallado de cada poblado, evaluando la capacidad, tecnología utilizada y estado de conservación de las plantas de tratamiento de aguas residuales. Además, se analizaron las prácticas locales de gestión de aguas residuales, considerando aspectos que puedan influir en la eficacia de los tratamientos y se recopilan datos sobre la calidad del agua. Los resultados preliminares revelan una diversidad en la infraestructura de tratamiento, desde sistemas convencionales hasta enfoques más innovadores. Sin embargo, se identifican desafíos como la falta de mantenimiento, insuficiente capacidad de tratamiento y limitaciones financieras. Se destacan buenas prácticas locales que podrían ser replicadas en otras comunidades. Se compararon 6 poblados de Chimborazo y 11 poblados de Tungurahua en donde se resalta que en los poblados de Tungurahua hay un porcentaje mayor en casi todos los índices de estudio tanto de operación y mantenimiento como los indicadores de cumplimiento de calidad de agua establecidos por el ARCA. Este inventario proporcionará información valiosa para los responsables de la planificación y toma de decisiones a nivel local y regional. Las recomendaciones resultantes de este estudio contribuirán a la formulación de políticas y estrategias para mejorar la gestión de aguas residuales en las provincias de Chimborazo y Tungurahua, promoviendo el desarrollo sostenible y la preservación del entorno.

Palabras Clave: Agua Residual, gestión, inventario, calidad, tratamiento.

ABSTRACT

The objective of this research is to carry out an inventory of wastewater treatments in 27 towns located in the provinces of Chimborazo and Tungurahua, Ecuador. Proper wastewater management is essential to preserve public health and the environment, especially in growing urban areas. This study addresses the need to evaluate existing infrastructure, identify treatment practices, and propose improvements to ensure the efficiency and sustainability of wastewater treatment systems in these towns. The methodology used includes a detailed analysis of each town, evaluating the capacity, technology used and state of conservation of the wastewater treatment plants. In addition, local wastewater management practices were analyzed, considering aspects that may influence the effectiveness of treatments, and data on water quality were collected. Preliminary results reveal a diversity in treatment infrastructure, from conventional systems to more innovative approaches. However, challenges are identified such as lack of maintenance, insufficient treatment capacity and financial limitations. Good local practices are highlighted that could be replicated in other communities. 6 towns of Chimborazo and 11 towns of Tungurahua were compared, where it is highlighted that in the towns of Tungurahua there is a higher percentage in almost all the study indices, both operation and maintenance and the water quality compliance indicators established by the ARCA. This inventory will provide valuable information for those responsible for planning and making decisions at the local and regional level. The recommendations resulting from this study will contribute to the formulation of policies and strategies to improve wastewater management in the provinces of Chimborazo and Tungurahua, promoting sustainable development and preservation of the environment. **Keywords:** Wastewater, management, inventory, quality, treatment.

Keywords: Wastewater, management, inventory, quality, treatment.



Reviewed by:

Msc. Jhon Inca Guerrero.

ENGLISH PROFESSOR

C.C. 0604136572

1. CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

El manejo de aguas residuales ha representado un desafío creciente a lo largo de los años, especialmente en sectores clave como la industria, el comercio, la agricultura/ganadería y los hogares. Es esencial contar con un eficiente sistema de tratamiento de aguas para hacer frente a este desafío. A medida que el mundo avanza hacia un futuro más consumista, la gestión de aguas residuales experimenta cambios continuos.

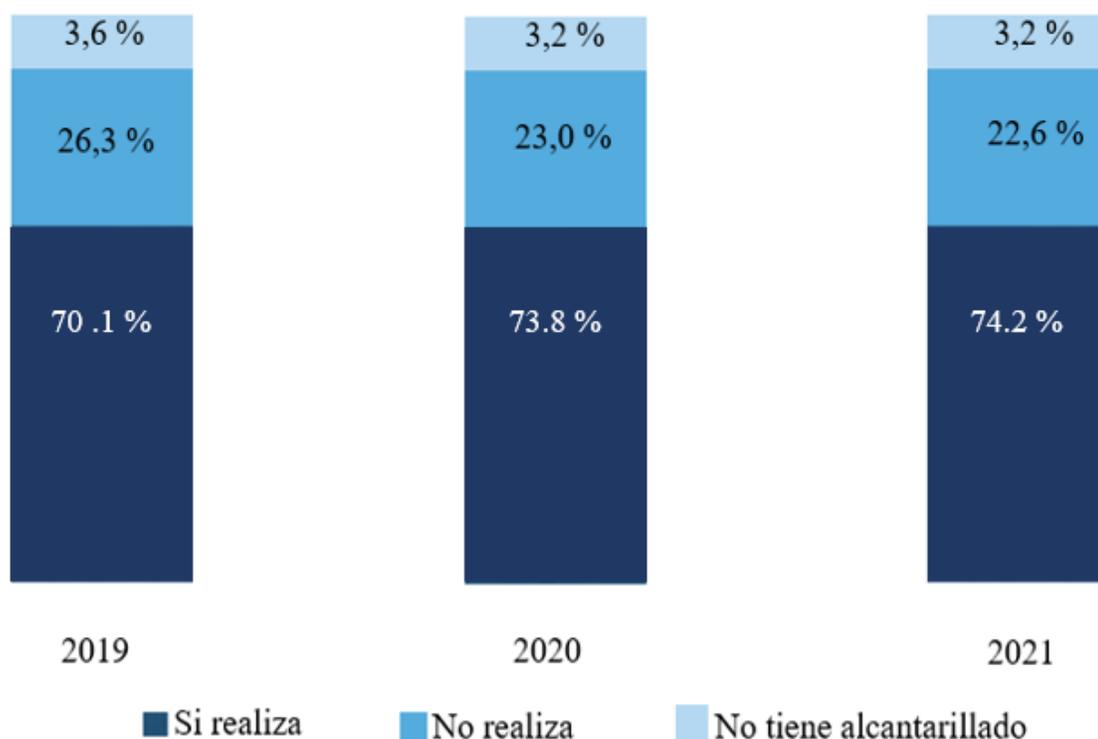
En Ecuador, según un estudio del INEC en 2016, el manejo de las plantas de tratamiento de agua residual a nivel nacional no cumplía con los requerimientos de análisis, y la mayoría de GAD municipales no tenían información o no tenían plantas de tratamiento. El 61.86 %, es decir, 133 de los GAD municipales hacían tratamiento, y el 38.14 %, es decir, 82 GAD no lo hacían. Ante este escenario, resulta fundamental abordar de manera clara y eficaz, la gestión de control, para minimizar el impacto negativo que representa a la salud pública y al medio ambiente (INEC, 2016).

Una herramienta que permite regular el control de agua es el Texto unificado de legislación secundaria de medio ambiente (TULSMA) que detalla el plan maestro de control de la contaminación de cuerpos de agua, mediante campañas de monitoreo, inventarios con diagnósticos de calidad, estudios de tratabilidad, diseños preliminares, estudios de impacto ambiental e implementación de obras de control. Los cuales son necesarios para que las plantas de tratamiento de aguas residuales cumplan con todos los controles de funcionamiento (Ministerio del Ambiente , 2015).

Actualmente, en el país los GAD Municipales aprovechan estadísticas de los registros procesados junto con la Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA), la asociación de Municipalidades Ecuatorianas (AME), el Banco de Desarrollo del Ecuador (BDE) y el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) para conocer el estado real de la prestación de los servicios a la población. Según datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), en el 2021 en el país se registraron 577 plantas de tratamiento de agua residual, distribuidos en 164 municipios (INEC, 2022).

En 2021, siendo el año en el que se registran datos, como se muestra en la **Figura 1**, 74.2% es decir, 164 GADMs cuentan con una o más plantas de tratamiento para las aguas residuales urbanas, mientras que el 22.6% es decir, 50 no cuentan con planta de tratamiento de aguas residuales.

Figura 1 GAD Municipales que realizan procesos de tratamiento de aguas residuales a nivel nacional del 2019-2021.



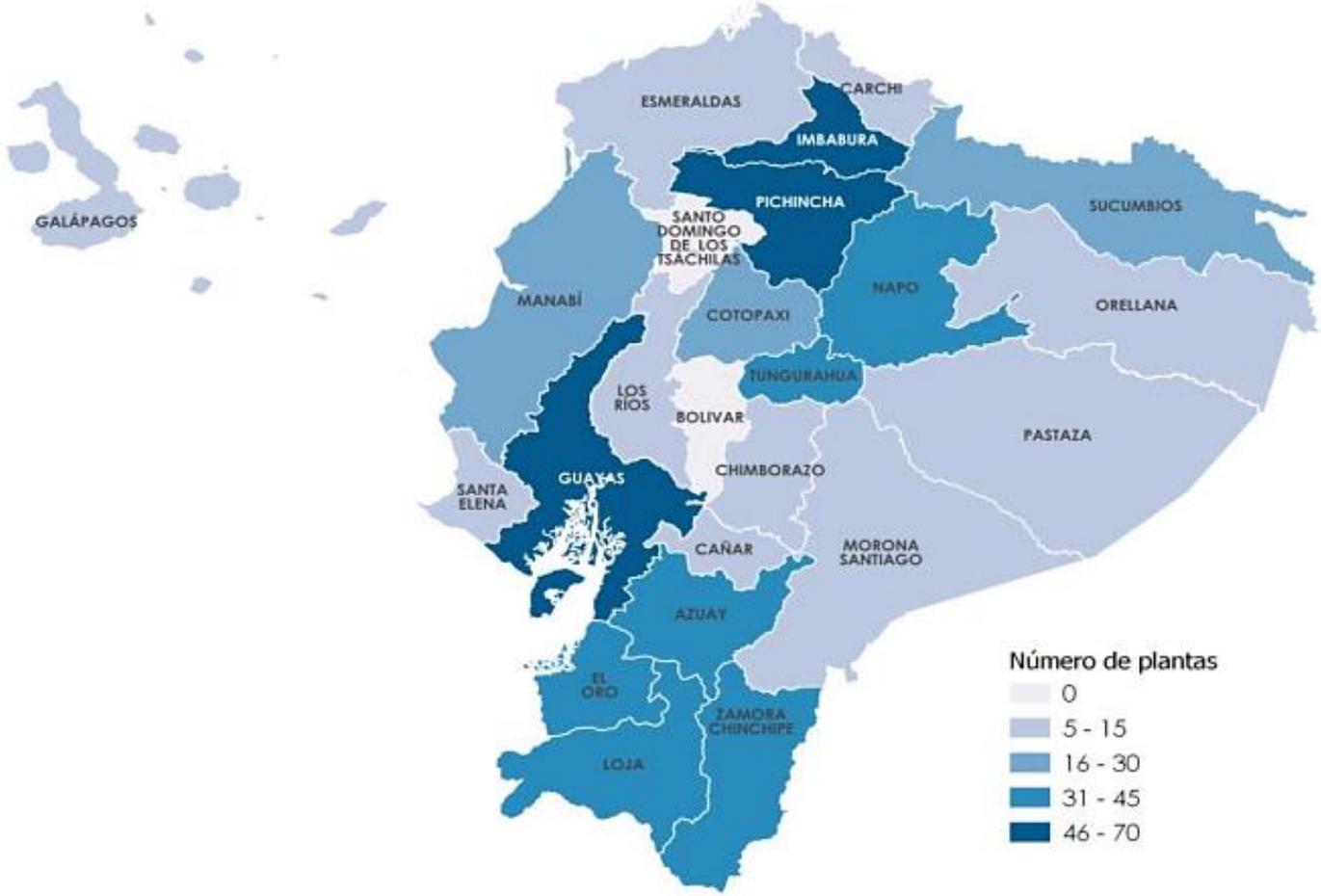
Fuente: (INEC, 2022)

A nivel provincial el número de plantas de tratamiento de agua residual varía dependiendo de la localidad como se muestra en el mapa de la **Figura 2** con valores desde 0, es decir que no poseen plantas de tratamiento, hasta 70 que es el número más alto.

A nivel nacional como se muestra en la **Figura 3**, Del 100% de las 4 regiones únicamente el 22.3% registra el ingreso del agua residual a las plantas de tratamiento de una forma adecuada. Además, es importante destacar que la Amazonía es la región con mayor porcentaje de ingreso de aguas residuales a las plantas, representando el 35.9% en relación con la distribución (INEC, 2022).

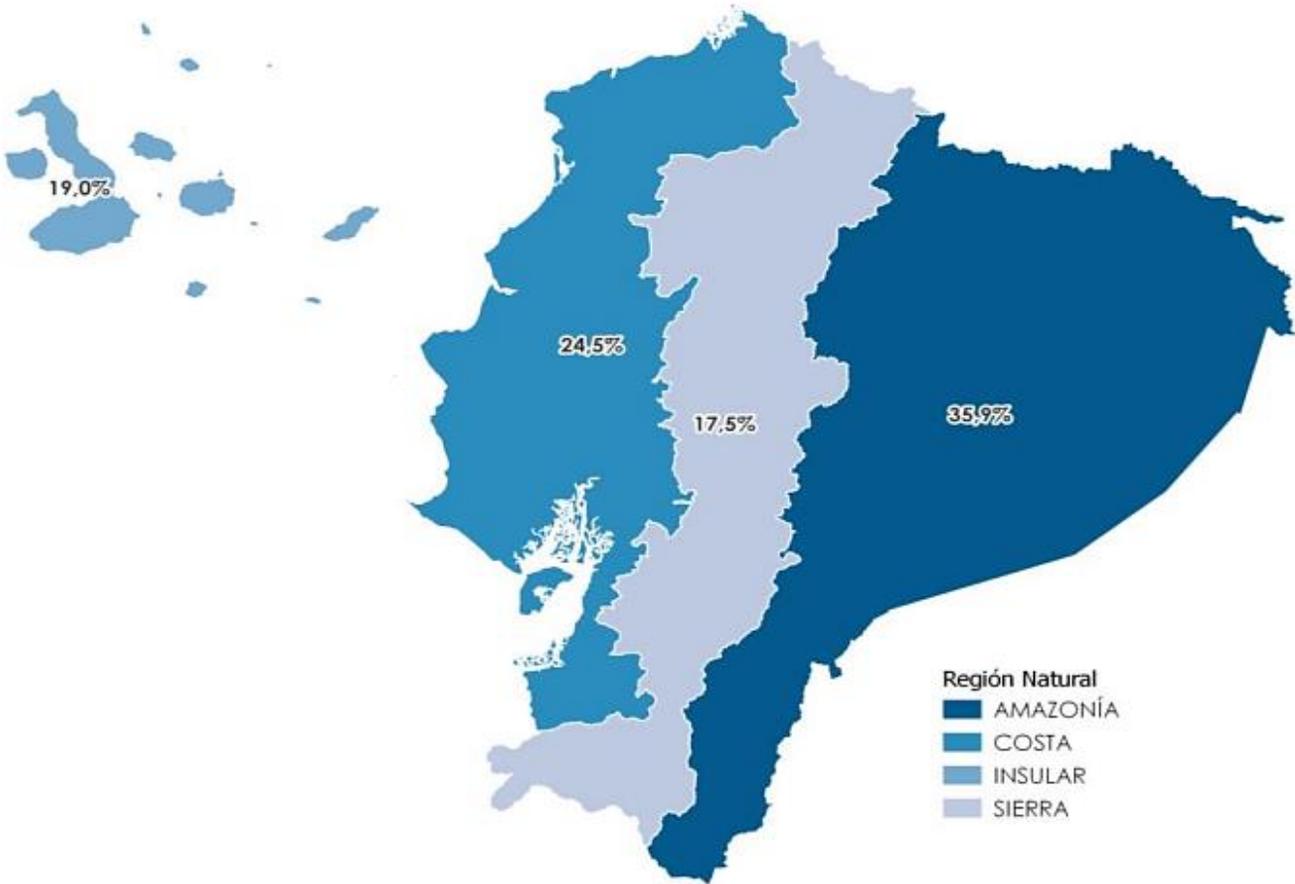
En relación con lo expuesto en el siguiente trabajo de investigación se realizó un inventario de las plantas de tratamiento en detalle de 27 poblados de las provincias de Chimborazo y Tungurahua del Ecuador, como se muestra en la **Figura 4**.

Figura 2 Plantas de tratamiento de aguas residuales, en los GAD Municipales, a nivel provincial del año 2021.



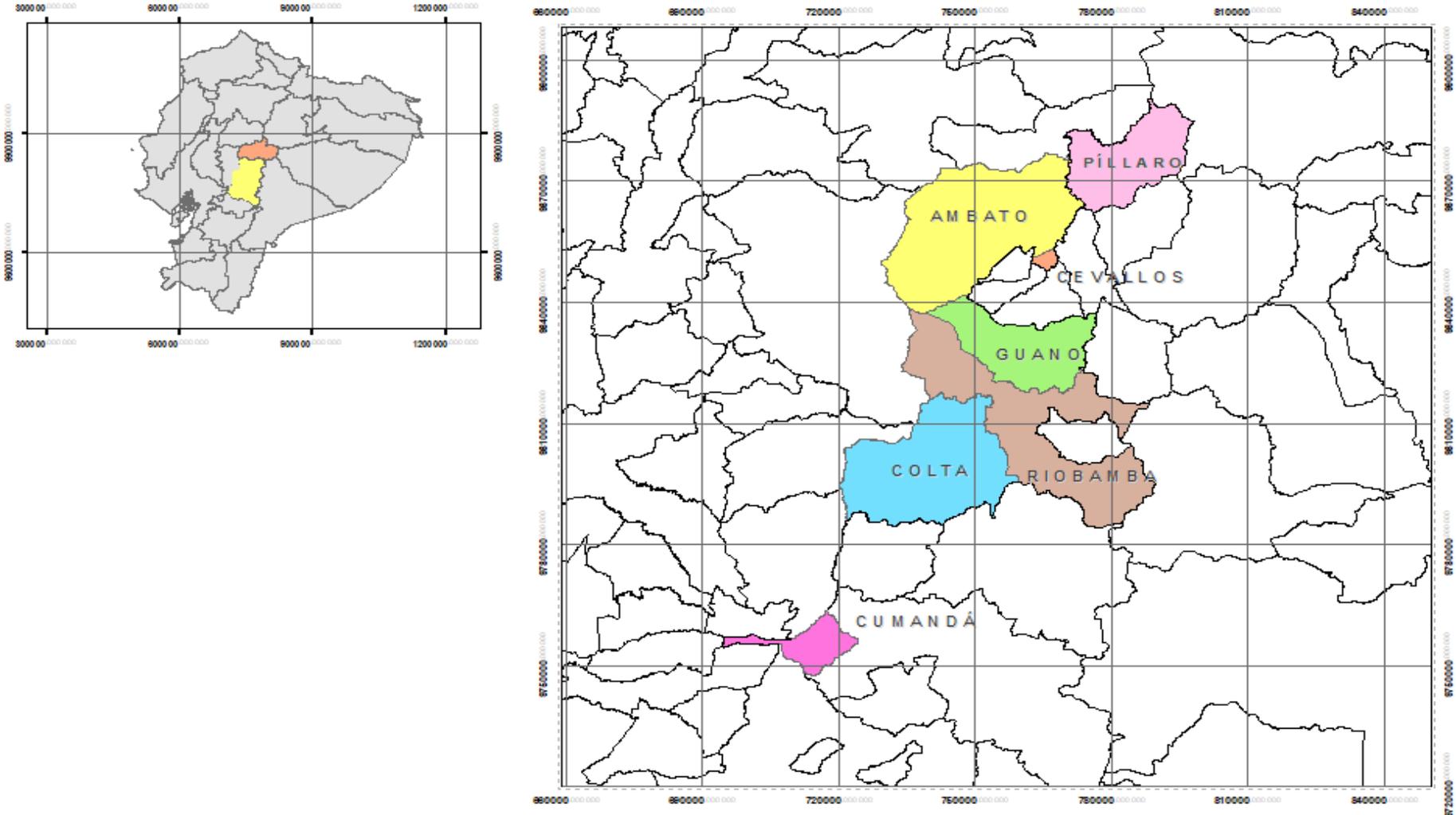
Fuente: (INEC, 2022).

Figura 3 Agua Residual que ingresa a Plantas de Tratamiento de los GAD Municipales, a nivel regional del año 2021.



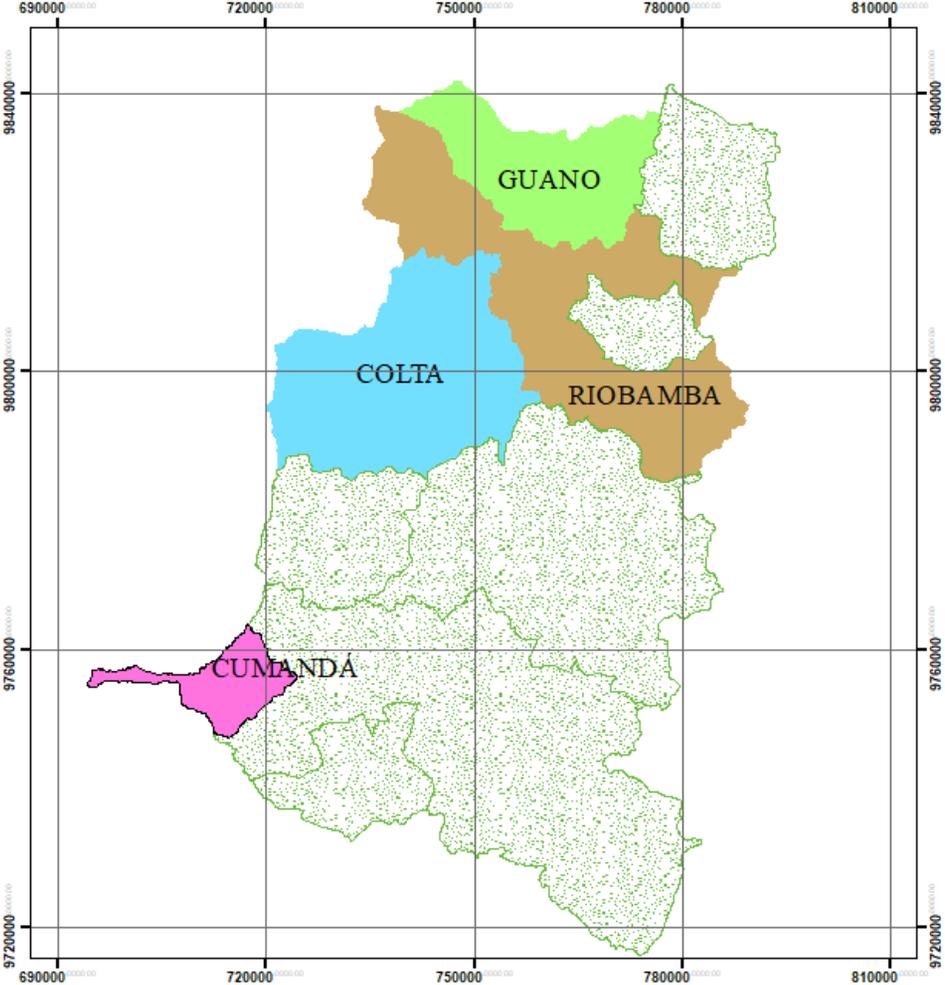
Fuente: (INEC, 2022)

Figura 4 Cantones en los que se levantó información.



Fuente: Toledo C (2023)

Figura 5 Cantones en los que se levantó información de Chimborazo



Fuente: Toledo C (2023).

La ciudad de Riobamba está ubicada a 2.754 m.s.n.m, limita al norte con los cantones Guano y Penipe; al sur, Colta y Guamote; al este, Chambo; y al oeste, con la provincia de Bolívar como se muestra en la **Figura 5**. Está a 175 km de distancia de la ciudad de Quito, en la región Sierra Central y es la capital de la Provincia de Chimborazo (EP EMAPAR, 2017).

Según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDYOT) actualizado del año 2023, Riobamba está compuesta por 264.048 habitantes, los cuales diariamente consumen agua para todas las actividades económicas del cantón tales como: ganadería, agricultura, manufactura, turismo y comercio (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Riobamba, 2023).

La gestión de los procesos de tratamiento de aguas residuales en el cantón Riobamba se maneja a través de la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Saneamiento de Riobamba (EMAPAR- EP), que detalla que en la estructuración de parámetros propuestos para la línea base del año 2019, la cobertura de tratamiento de Aguas Residuales fue del 0% (EP EMAPAR , 2020).

El crecimiento de la población y las actividades humanas no reguladas en los asentamientos a gran escala han provocado una grave contaminación del recurso hídrico en el cantón. El río Chibunga, que recibe las aguas residuales, se encuentra entre uno de los ríos más contaminados de la Zona 3 del país debido a la falta de sistemas de alcantarillado y plantas de tratamiento de aguas residuales (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Riobamba, 2023).

El cantón Guano se encuentra ubicado al norte de la Provincia de Chimborazo, limita al norte y oeste; con la provincia de Tungurahua, al sur; con el cantón Riobamba y al oeste; con los cantones Pelileo y Penipe, tal como se observa en la **Figura 5**. Posee una extensión de 460.61 km².

Según la actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Guano del período 2019-2023, la falta de tratamiento de aguas residuales en el cantón influye en la contaminación del Río Guano. Es importante destacar que en los últimos años se han realizado estudios e implementación de planes maestros de alcantarillado en las parroquias de San Andrés, San Isidro, San Gerardo e Ilapo, que tienen plantas de tratamiento de aguas residuales y han ayudado a solventar gran parte de este servicio en las áreas urbanas de estas parroquias.

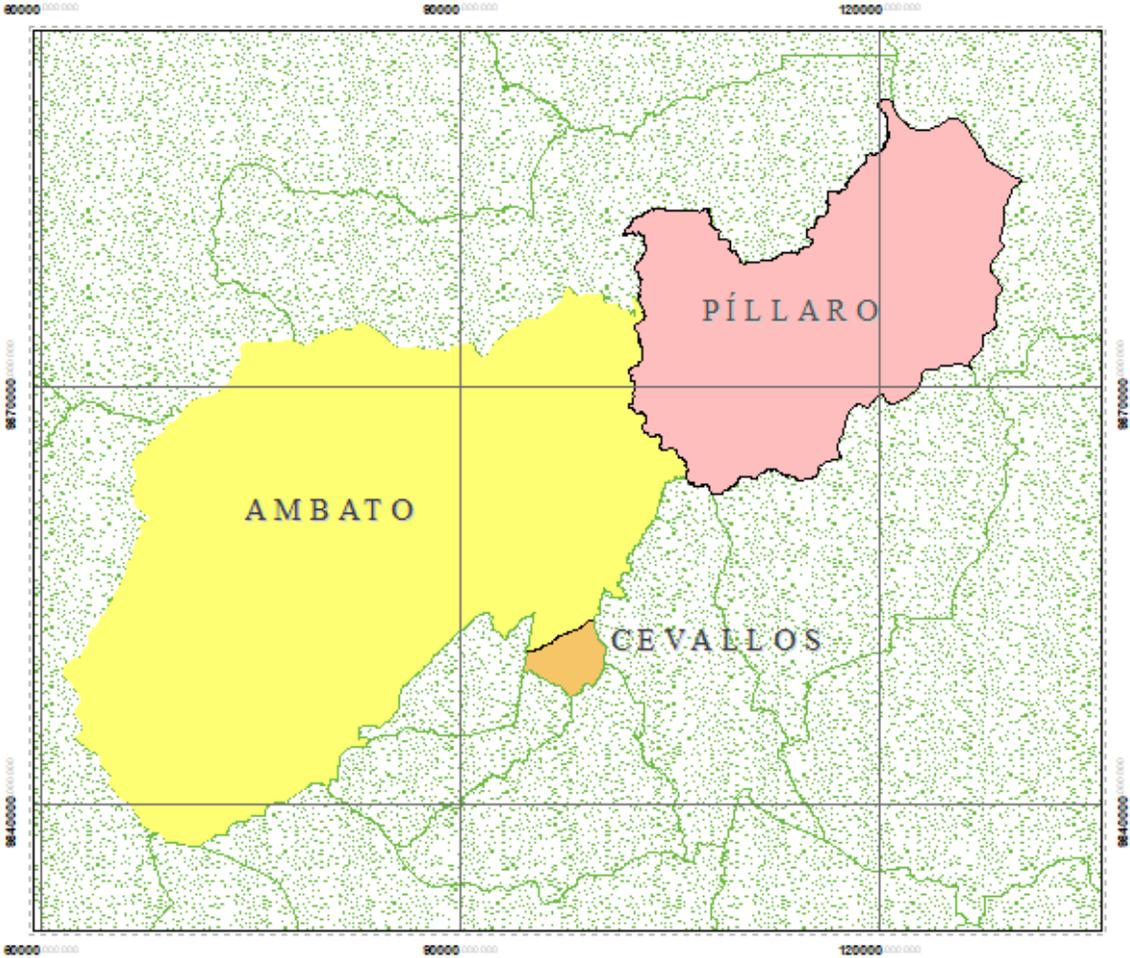
El cantón Colta se encuentra en el noroccidente de la Provincia de Chimborazo. Ubicado al norte; con el cantón Riobamba; al sur, con los cantones Pallatanga y Guamote; al este, con los cantones Riobamba y Guamote; y, al oeste, con la provincia de Bolívar, como se muestra en la **Figura 5** (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Colta, 2018).

Según los últimos datos del censo poblacional del INEC (2010), en este cantón hay 47.600 habitantes, los cuales principalmente se dedican a labores agropecuarias y al cultivo. Este cantón no ha tenido un buen manejo de procesos de tratamiento de aguas residuales, pero actualmente existe ya al menos una planta de tratamiento de aguas residuales en la cabecera cantonal, ayudando a que los cultivos no absorban la contaminación y así se precautele que los productos que se distribuyan sean más seguros para los consumidores.

El cantón Cumandá está ubicado al sur de la Provincia de Chimborazo, limita al norte; con las parroquias Multitud y Sibambe; al sur, con la parroquia Ventura del Cantón Cañar; al este, con la parroquia Huigra del Cantón Alausí; al oeste, con la parroquia Santa Rosa del Cantón Chillanes, Cantón General Antonio y Cantón Marcelino Maridueña de la Provincia del Guayas, como se muestra en la **Figura 5**.

La gestión de los procesos de plantas de tratamiento de aguas residuales, en el cantón Cumandá han sido nulas ya que no tienen un control en la calidad de agua, hay incidencia de un mal manejo de aguas y contaminación.

Figura 6 Cantones en los que se levantó información de Tungurahua.



Fuente: Toledo C (2023).

El cantón Ambato se ubica en el centro norte de la Provincia de Tungurahua, limita al norte; con la provincia de Cotopaxi; al sur, con la provincia de Chimborazo y los cantones Tisaleo y Cevallos; al este, con el Cantón Pelileo y Píllaro y al oeste, con la Provincia de Bolívar, como se muestra en la **Figura 6**. El cantón Ambato tiene una superficie territorial de 1.016.454 km², que equivale al 29.94% de la extensión total de la Provincia de Tungurahua (UTA, 2023).

Según el censo del año 2010 el cantón Ambato registra 178.538 habitantes, la actividad económica más importante en el cantón es el comercio.

La gestión de los procesos de tratamiento de aguas residuales es importante para el control del medio ambiente, considerando que la contaminación de los recursos hídricos en conjunto con la degradación de los ecosistemas es uno de los principales problemas que afecta al desarrollo de la población de este cantón.

El agua del río Ambato registra un 83,64 % de contaminación por las descargas de aguas residuales que recibían sin tratamiento, problema agravado con las afectaciones ambientales (Hora, 2018).

El cantón Píllaro se encuentra a 2800 m.s.n.m, limitado al norte; con las provincias de Napo y Cotopaxi; al este con la provincia de Napo; al sur, con los cantones Patate y Pelileo y al oeste, con el cantón Ambato, como se muestra en la **Figura 6**. Su extensión es de 472.2 km² (Municipio de Pillaro, 2023).

El cantón Cevallos está ubicado en el sector centro-sur de la Provincia de Tungurahua y el suroriente de la ciudad de Ambato. Limita al norte, con Ambato; al este, con Tisaleo y Mocha; al sur, con Mocha y Quero y al oeste, con Pelileo, como se muestra en la **Figura 6**.

Para el análisis del inventario de los 7 cantones mencionados anteriormente, se han analizado 27 plantas de tratamiento de aguas residuales en la provincia de Chimborazo y Tungurahua. Se toma como punto de partida datos en distintos poblados como se muestra en la **Tabla 1**, analizando diferentes parámetros.

Tabla 1 Poblados en los que se realizó el inventario.

ÍTEM	PROVINCIA	UBICACIÓN PLANTA	POBLADO
1	Chimborazo	Riobamba	La libertad- San Luis
2	Chimborazo	Cumanda	Sin información
3	Chimborazo	Colta	Villa la unión
4	Chimborazo	Guano	Parroquia San Andrés
5	Chimborazo	Guano	Parroquia San Isidro
6	Chimborazo	Guano	Parroquia San Gerardo

7	Tungurahua	Ambato	Parroquia Ficoa
8	Tungurahua	Ambato	Parroquia Pilahuín
9	Tungurahua	Ambato	Parroquia de Puerto Arturo
10	Tungurahua	Ambato	Panamericana Norte (paso lateral)
11	Tungurahua	Ambato	Parroquia Quisapincha
12	Tungurahua	Ambato	Parroquia Cunchibamba
13	Tungurahua	Ambato	Parroquia Cunchibamba
14	Tungurahua	Ambato	Sin información
15	Tungurahua	Ambato	Parroquia Santa Rosa
16	Tungurahua	Ambato	Sin información
17	Tungurahua	Ambato	Parroquia Pilahuín
18	Tungurahua	Ambato	Parroquia Pilahuín
19	Tungurahua	Ambato	Sin información
20	Tungurahua	Ambato	Iglesia de Techo Propio
21	Tungurahua	Ambato	Sin información
22	Tungurahua	Ambato	Parroquia Arturo
23	Tungurahua	Ambato	Parroquia Totoras
24	Tungurahua	Píllaro	Parroquia presidente Urbina
25	Tungurahua	Píllaro	Parroquia presidente Urbina
26	Tungurahua	Píllaro	Parroquia Píllaro
27	Tungurahua	Cevallos	Sin información

Fuente: Toledo C (2023).

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Ecuador según la base de datos de la Secretaria del Agua (SENAGUA), indica que el líquido vital utilizado en el consumo humano en el país es del 70 %, lo que se conduce mediante sistemas de alcantarillado, de este porcentaje solo se trata el 55.8%, que es agua residual y el 44.2%, que se descarga directamente en canales, que a su vez se vierten en ríos del país (Tamay, 2022).

La población rural no cuenta con sistemas de tratamiento con condiciones óptimas, provocando que el grado de contaminación sea alto y perjudicial. A esto se le debe añadir que, en la mayoría de los casos, los GADMs presentan información desactualizada o nula acerca de cómo se maneja la gestión en los procesos de tratamientos de aguas residuales, dejando de lado las recomendaciones que por ley deberían cumplirse.

1.3 JUSTIFICACIÓN

El Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización-COOTAD- en el artículo 55, literal d, establece que es competencia exclusiva del gobierno autónomo descentralizado municipal, prestar los servicios públicos de depuración de aguas residuales (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Riobamba, 2023).

Según el literal 5.2.4.9 del Texto Unificado de Legislación Secundaria de Ministerio del Ambiente, las aguas residuales que no cumplan con los parámetros de descarga establecidos en esta norma deberán tratarse, sean públicas o privadas, y los sistemas de tratamiento deben tener un plan de contingencias frente a cualquier situación que afecte su eficiencia (TULSMA, 2015).

Al no contar con la información actualizada y completa de las plantas de tratamiento de aguas residuales, los GADMs continuarán con planes de gestión no sustentables, debido a que no se podrá identificar qué tipo y características poseen las diferentes plantas de tratamiento, lo cual no permitirá saber en qué condiciones queda el agua que es tratada en muchas zonas del país.

Esta investigación puede ayudar a identificar condiciones y características en las plantas de tratamiento de aguas residuales. Lo que permitiría comprender las causas del por qué en muchos municipios no tienen planes de control de las aguas residuales y puede servir como base para implementar medidas eficaces de control. Compartiendo políticas y programas entre ciudades donde el comportamiento sea igual, promoviendo más investigaciones e impulsando enfoques más sostenibles.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

- Realizar un inventario de los tratamientos de Aguas Residuales en 15 poblados de las provincias de Chimborazo y Tungurahua del Ecuador.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obtener información por internet, cartas y visitas de las plantas de tratamiento en 15 poblados de las provincias de Chimborazo y Tungurahua del Ecuador.
- Identificar las unidades de tratamiento de aguas residuales en 15 poblados de las provincias de Chimborazo y Tungurahua del Ecuador.
- Identificar los manuales de operación de las plantas de aguas residuales en 15 poblados de las provincias de Chimborazo y Tungurahua del Ecuador.
- Identificar los principales parámetros de calidad evaluados en las plantas de aguas residuales en 15 poblados de las provincias de Chimborazo y Tungurahua del Ecuador.

2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 MARCO TEÓRICO

2.1.1 AGUAS RESIDUALES

Las aguas residuales son generadas en instituciones, locales comerciales/industriales y domicilios. Estas pueden tratarse en el mismo sitio como en tanques sépticos u otros medios de depuración, o bien pueden recogerse y llevarse con tuberías a una planta de tratamiento municipal. A menudo el agua de origen industrial puede tener contaminantes y requieren procesos de tratamiento especializado. (Villacis, 2011)

2.1.2 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

El tratamiento de aguas residuales consiste en procesos físicos, químicos y biológicos que pretenden eliminar los contaminantes físicos y biológicos del agua. El objetivo del tratamiento es producir agua limpia o reutilizable en el ambiente (Villacis, 2011).

2.1.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES

Los contaminantes suelen ser una mezcla de compuestos orgánicos e inorgánicos, se pueden clasificar según sus componentes: físicos, químicos y biológicos.

Características Físicas

Son consideradas las más importantes, ya que se trata del contenido total de sólidos, engloba las materias sedimentables, en suspensión, disuelta y la materia coloidal (Tamay, 2022).

Tabla 2 Características físicas del agua residual.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS
Color
Olor
Temperatura
Turbidez
Sólidos

Fuente: Toledo C (2023).

Características Químicas

Involucran la materia orgánica, materia inorgánica, así como también los gases. El 75% de los sólidos en suspensión y el 40% de sólidos filtrables de las aguas residuales son orgánicos. Mientras que los inorgánicos afectan de forma considerable a los usos del agua, por lo que es importante examinarlos (Tamay, 2022).

Tabla 3 Características químicas del agua residual

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	
ORGÁNICOS	Carbohidratos
	Grasas animales
	Pesticidas
	Fenoles
	Proteínas
	Contaminantes prioritarios
	Agentes tensoactivos
	Compuestos orgánicos
INORGÁNICOS	Alcalinidad
	Cloruros
	Metales pesados
	Nitrógeno
	Ph
	Fósforo
	Contaminantes prioritarios
	Azufre
GASES	Sulfuro de hidrógeno
	Metano
	Oxígeno

Fuente: Toledo C (2023).

Características biológicas

Se analizan los principales grupos de microorganismos, patógenos y bacterias que trabajan en descomposición de la materia orgánica presentes en el agua residual (Tamay, 2022).

Tabla 4 Características biológicas del agua residual

CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS	
	Animales
	Plantas
Protistas	Eubacterias
	Arqueobacterias
	Virus

Fuente: Toledo C (2023).

2.1.4 TIPOS DE AGUAS RESIDUALES

Aguas Residuales Domésticas. - “Desechos líquidos provenientes de viviendas, instituciones y locales comerciales” (Gonzales, 2011).

Aguas Residuales Industriales. – Son las aguas utilizadas para cualquier actividad industrial o comercial, ya sean de fábricas, centros de producción, explotación agrícola o ganadera (Telwesa, 2022).

Aguas Residuales Urbanas. – Están compuestas por las aguas residuales domésticas, o por la mezcla de estas con las aguas residuales industriales (Telwesa, 2022).

Agua Residual de la Agricultura y Ganadería. -Es el agua producto del uso en el riego de los campos agrícolas y ganaderos. Trae consigo muchos contaminantes químicos, producto del uso de fertilizantes y abonos orgánicos que no son absorbidos en su totalidad por el suelo (Arriols, 2018).

Agua Residual derivada de la lluvia. - Agua generada por el contacto y mezcla que tiene la lluvia con contaminantes que se encuentran suspendidos en el aire o suelo (López, Buitrón, García, & Cervantes, 2008).

2.1.5 UNIDADES DE TRATAMIENTO

PRE-TRATAMIENTO

El objetivo de esta fase es eliminar sólidos gruesos, finos, aceite y grasas con el fin de proteger a las estructuras o minimizar las condiciones de la apariencia estética de las plantas de tratamiento de agua residual (PTAR) (METCALF & EDDY, 1995).

Tabla 5 Unidades de Pretratamiento

PROCESO	OBJETIVO
Rejas	Eliminación de sólidos gruesos
Trituradores	Desmenuzamiento de sólidos
Desarenadores	Eliminación de arenas y gravilla
Desengrasadores	Eliminación de aceites y grasas
Pre-aeración	Control de olor y mejoramiento del comportamiento hidráulico

Fuente: Sistema de tratamiento de Agua Residuales (Rojas, 2002).

Tratamiento primario

Contempla varias operaciones físicas como la sedimentación, desbaste y la eliminación de sólidos en suspensión, así se reduce la contaminación presente en el agua residual. Es decir, en esta fase no solo se remueve la materia que incomoda, sino que también elimina una parte de la carga orgánica (Portero & Amat, 2017).

Tratamiento Secundario

El propósito de esta fase es eliminar la gran parte de partículas coloidales, es decir, materia orgánica del agua residual, mediante procesos químicos y biológicos. En el momento que el agua residual ingresa al filtro en donde están los lodos activados, estos se degradan y se transforman en materia orgánica de forma aeróbica y anaeróbica. En los tratamientos biológicos se tiene una remoción de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) que va del 85% hasta el 95%, están conformados por:

- Filtración biológica
- Lodos activados
- Lagunas: estabilización aireada
- Otros: anaeróbicos, oxígeno y discos rotatorios (Portero & Amat, 2017).

Tratamiento terciario

El tratamiento complementa los procesos mencionados, elimina los componentes que no se eliminaron con el tratamiento secundario, eliminan los nutrientes, excesos de materia orgánica y compuestos tóxicos. Entre los compuestos removidos están:

- Sólidos totales y disueltos
- Virus y bacterias
- Fosfatos y nitratos
- Algas
- Sustancias tensoactivas y radionúclidos (Portero & Amat, 2017)

2.1.6 COMPONENTES PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

La correcta elección de los procesos y operaciones unitarias para el tratamiento del agua residual es crucial para alcanzar la máxima eliminación de contaminantes, con la menor cantidad de procesos posible. Esto asegura un rendimiento eficiente para la planta de tratamiento de aguas residuales (METCALF & EDDY, 1995).

Cribado

Se trata de una operación unitaria destinada a la eliminación de contaminantes voluminosos o residuos visibles presentes en el agua residual. Se utilizan cribas de distintos tamaños, ajustadas según la dimensión de la partícula que se desea extraer. Además, desempeña un papel crucial como dispositivos de resguardo, evitando posibles daños en los

procesos restantes de las PTAR (Moeller,G; Sandoval, L; Ramirez, A; Ramirez, E; Cardoso, L; Escalante, V; Tomasini, A; Ortíz, G, 2011).

Desarenador

Consigue disminuir la velocidad del flujo de agua que entra a la planta de tratamiento de agua residual (PTAR), posibilitando así la separación y sedimentación de los sólidos, especialmente de la arena que se encuentra mezclada en el agua residual (Código Ecuatoriano de la Construcción, 1992).

Tanque Séptico

Pretende descomponer la materia orgánica, transformándola en formas mucho más simples que su estado original. En este procedimiento, se fusionan la sedimentación y la digestión de los sólidos presentes en el agua residual (Código Ecuatoriano de la Construcción, 1992).

Filtro Anaeróbico de Flujo Ascendente (FAFA)

Es una operación unitaria empleada en la eliminación anaerobia de la materia orgánica. Este filtro utiliza un medio filtrante compuesto por piedra, el cual contribuye a retener los sólidos presentes en el agua residual (Comisión Nacional del Agua, 2016)

Lecho de secado de Lodos

Se refiere a contenedores donde se acumulan lodos digeridos en diversos procesos de la planta de tratamiento de agua residual (PTAR), ya sea provenientes de tanques sépticos, sedimentadores o reactores anaerobios. Además, el lecho de secado de lodos se emplea para deshidratarlos mediante evaporación o mediante el uso de un medio filtrante (Organización Panamericana de la Salud, 2005).

Desinfección

Se busca la eliminación de bacterias y virus derivados de residuos fecales en el agua residual mediante un agente desinfectante. Entre los desinfectantes utilizados, el cloro es el más frecuente, seguido del bromo y el yodo. Este procedimiento es crucial, ya que, en numerosas ocasiones, este tipo de contaminantes no se elimina fácilmente en las etapas anteriores del tratamiento en la planta de tratamiento de agua residual (PTAR) (Moeller,G; Sandoval, L; Ramirez, A; Ramirez, E; Cardoso, L; Escalante, V; Tomasini, A; Ortíz, G, 2011).

2.1.7 AGUA RESIDUAL TRATADA

Después de pasar por distintos procesos de tratamiento el agua residual tratada, es descargada en nuevos efluentes, cumpliendo con los parámetros establecidos por la ley. En Ecuador hay una normativa establecida en el Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) del año 2015, en donde se detalla todos los

parámetros que deben cumplir previo a la descarga en los efluentes como: sistemas de alcantarillado, cuerpos de agua dulce y marina (TULSMA, 2015).

Tabla 6 Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁX. PERMISIBLE
Aceites y grasas	Sust. solubles en hexano	mg/l	30
Alkil mercurio		mg/l	no detectable
Aluminio	Al	mg/l	5
Arsénico tota	As	mg/l	0.1
Bario	Ba	mg/l	2
Boro Total	Ba	mg/l	2
Cadmio	Cd	mg/l	0.02
Cianuro total	CN	mg/l	0.1
Cinc	Zn	mg/l	5
Cloro Activo	Cl	mg/l	0.5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo	mg/l	0.1
Cloruros	Cl ⁻	mg/l (TULSMA, 2015)	1000
Cobre	Cu	mg/l	1
Cobalto	Co	mg/l	0.5
Coliformes fecales	NMP	NMP/100 ml	2000
Color real	Color real	unidades de color	inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0.2
Cromo Hexavalente	Cr+6	mg/l	0.5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO5	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200
Estaño	Sn	mg/l	5
Fluoruros	F	mg/l	5
Fósforo Total	P	mg/l	10
Hierro total	Fe	mg/l	10
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20
Manganeso total	Mn	mg/l	2
Materia flotante	Visibles	mg/l	Ausencia

Fuente: (TULSMA, 2015).

Tabla 7 Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce (continuación).

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁX. PERMISIBLE
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0.005
Níquel	Ni	mg/l	2
Nitrógeno amoniacal	Ni	mg/l	30
Nitrógeno Total Kjeldahl	Ni	mg/l	50
Compuestos Organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0.05
Compuestos Organofosforados	Organofosforados totales	mg/l	0.1
Plata	Ag	mg/l	0.1
Plomo	Pb	mg/l	0.2
Potencial de hidrógeno	pH	mg/l	6.-9
Selenio	Se	mg/l	0.1
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	130
Sólidos totales	ST	mg/l	1600
Sulfatos	SO ₄ -2	mg/l	1000
Sulfuros	S	mg/l	0.5
Temperatura	°C	mg/l	condición neutral ± 3
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	0.5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1

Fuente: (TULSMA, 2015)

2.2 ESTADO DEL ARTE

En el país, se ha tenido varias versiones con datos diferentes acerca de la gestión de aguas residuales basados en el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), Secretaria del Agua (SENAGUA) y otros analistas. Contrastando esta información da un indicador de que a lo largo del tiempo no se ha tenido un adecuado registro de manejo de aguas residuales, por lo que es necesario saber cómo está siendo tratada el agua residual y que características tiene, para así asegurar que la calidad del agua sea buena. Partiendo de esta información, un analista dice que aproximadamente el 12% de las aguas residuales domésticas son tratadas, pero el 88% de las aguas residuales restantes, son vertidas directamente a quebradas o ríos sin pasar por un tratamiento previo (Torske, 2019).

En Ecuador todas las aguas residuales deben ser tratadas según la ley. Así lo establece el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), donde se definen parámetros de emisión de demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos totales (SST), nitrógeno total, entre otros. La mayoría de las ciudades no cuentan con plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), ni alcantarillados separados para las aguas residuales y el agua de lluvia, lo que dificulta aún más el tratamiento del agua (Torske, 2019).

De la misma manera en los GAD municipales no usan una normativa específica, por lo que, se ha convertido en uno de los puntos de mayor conflicto en la administración pública. Uno de los lineamientos con mayor importancia es el manejo y gestión de las aguas residuales. Sin embargo, para dar una solución se necesita información que ayude a realizar otras acciones de control. Se requiere datos necesarios como ubicación, unidades de tratamiento, manuales de operación y parámetros de calidad de agua.

Siguiendo la misma línea sobre la gestión de los procesos de tratamiento de aguas residuales, el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) del año 2016 en su presentación sobre la “Estadística de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales”, establece que en el año 2015 se tenían 421 plantas de tratamiento de agua residual de las cuales el 49.88% se encuentran en la Región Sierra, el 30.64% en la Región Costa, el 19% en la Región Amazónica y el 0.48% en la Región Insular (INEC, 2016).

De los 221 municipios que hay en el país, solo 133 cuentan con un sistema de tratamiento de aguas residuales, de los cuales 53 lo hacen de manera inconclusa y 82 no realizan ningún tipo de tratamiento, el impacto que tienen es notorio ya que, de estos, el 59.26% depositan el agua residual no tratada en los ríos, el 25.19% en quebradas y el 15.56% se vierten en otros lugares, además en la región Insular el 100% del agua residual no tratada se vierte en el mar (INEC, 2016).

En una investigación realizada en la ciudad de México, la falta de coordinación entre usuarios y autoridades se asocia a la falta de un buen tratamiento y reúso de las aguas residuales, por lo tanto, esto conduce a la sobre explotación de este recurso, la contaminación del medio ambiente, la degradación de los suelos y principalmente un impacto negativo sobre la seguridad alimentaria (Peña, Ducci, & Zamora, 2013).

Este comportamiento no solo se produce en Latinoamérica. Una investigación realizada en Madrid muestra que el tratamiento de aguas residuales en el mundo aumenta al 50%, a pesar de que este dato es alentador, los autores advierten que las tasas de tratamiento siguen siendo bajas (Iagua, 2021).

Según Iagua (2021), enfatiza que un monitoreo adecuado de las plantas de tratamiento de aguas residuales, acompañado de una legislación y regulaciones estrictas, son necesarias para garantizar que la reutilización de las aguas residuales sea eficaz y segura.

En la investigación realizada por Amancha (2015), en el cantón Cevallos desde hace mucho tiempo en las zonas rurales del país, la implementación del servicio de alcantarillado sanitario ha sido ignorada para dar solución a otro tipo de problemáticas, lo cual ha sido de fácil apreciación por el incremento de afecciones a la salud.

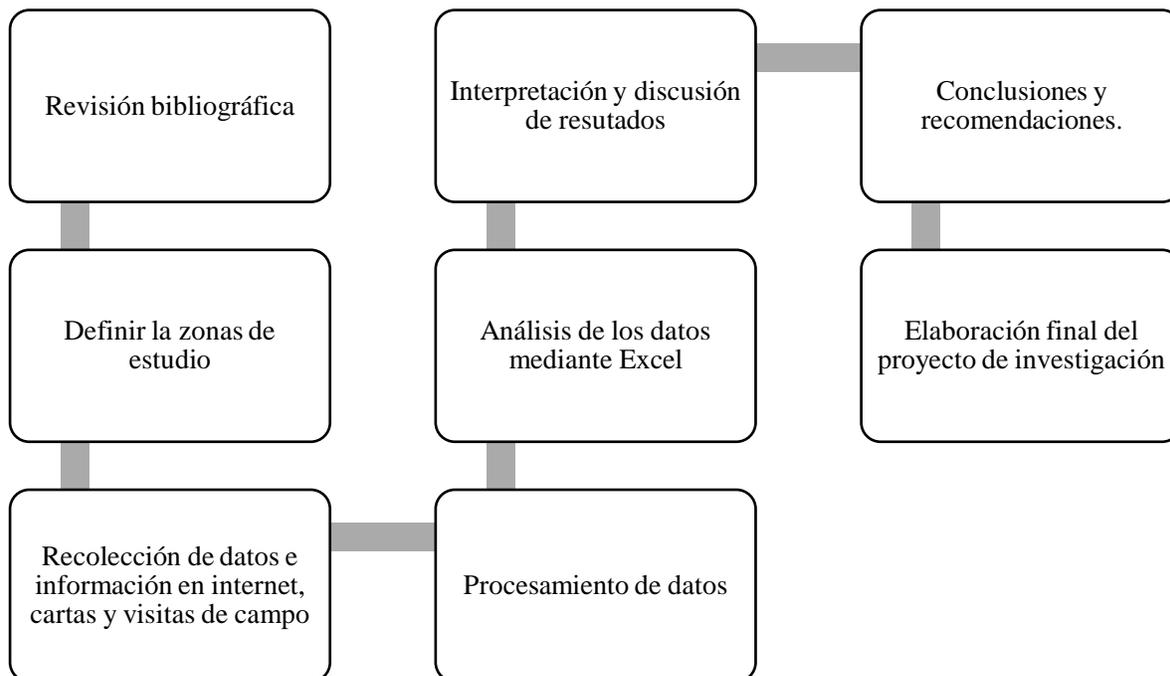
Por otra parte, sobre el análisis de calidad de agua es importante saber que la normativa del Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA), establece que el límite para mantener la vida natural del agua es de 200 mgO₂/l de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) por coliformes fecales. Dicho esto, en la ciudad de Riobamba se encuentra el Río Chibunga que nace de las vertientes de las faldas del volcán Chimborazo, desciende por los páramos de El Arenal hasta llegar a zonas agrícolas de varias parroquias (Veloz & Carbonel, 2018).

En este río se han registrado niveles entre 2000 y 10000 mgO₂/l según estudios de la Central Ecuatoriana de Servicios Agrícolas (CESA) y el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), comparándolo con el nivel máximo de 200 mgO₂/l que establece la norma, son valores que sobrepasan excesivamente el límite, es decir no hay control de aguas en esta ciudad, siendo uno de los ríos más contaminados a nivel nacional. Esto es un problema latente para la ciudad y su desarrollo (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Riobamba, 2023).

3. CAPITULO III. METODOLOGÍA

El enfoque metodológico adoptado en este estudio fue cualitativo, fundamentado en la recopilación de datos en los diferentes poblados mediante una medición sistemática. Estos datos se utilizaron posteriormente en análisis estadísticos comparativos. Tal y como se muestra en la **Figura 7**.

Figura 7 Metodología del proyecto de investigación



Fuente: Toledo C (2023).

El proceso de investigación inició con la revisión bibliográfica, se analizó toda la información disponible en portales de los GAD municipales, en el plan de desarrollo y ordenamiento territorial (PDYOT) de cada cantón y documentos referentes a todas las características de las plantas de tratamiento de agua residual, para lo cual se utilizaron recursos digitales como ResearchGate, ProQuest, Scopus, Repositorios Universitarios y Google Académico. A su vez, se hizo visitas en campo en los lugares de análisis para obtener datos más precisos.

Se procedió a la recopilación de los datos sobre las PTAR, en los cantones Riobamba, Guano, Colta y Cumandá de la Provincia de Chimborazo y los cantones Ambato, Píllaro y Cevallos de la provincia de Tungurahua. Se organizó los datos en una matriz general que contiene la ubicación, afluente, cobertura, caudal, unidades de tratamiento, operación y mantenimiento, análisis de calidad y adicional el cálculo de un parámetro ARCA.

Los datos recolectados se manejaron de manera ordenada por Provincia y por cantón, de acuerdo con los parámetros necesarios para el análisis.

Para el procesamiento de datos, se obtuvo:

Tabla 8 Datos válidos para el inventario

ÍTEM	CANTÓN	POBLADO/UBICACIÓN PLANTA	Planta de Tratamiento de Agua Residual	
			Si	No
1	Riobamba	La libertad- San Luis	X	
2	Cumandá			X
3	Colta	Villa la unión	X	
4	Guano	Parroquia San Andrés	X	
5	Guano	Parroquia San Isidro	X	
6	Guano	Parroquia San Gerardo	X	
7	Ambato	Parroquia Ficoa	X	
8	Ambato	Parroquia Pilahuín	X	
9	Ambato	Parroquia de Puerto Arturo	X	
10	Ambato	Panamericana Norte (paso lateral)	X	
11	Ambato	Parroquia Quisapincha	X	
12	Ambato	Parroquia Cunchibamba	X	
13	Ambato	Parroquia Cunchibamba	X	
14	Ambato	Sin información	X	
15	Ambato	Parroquia Santa Rosa	X	
16	Ambato	Sin información	X	
17	Ambato	Parroquia Pilahuín	X	
18	Ambato	Parroquia Pilahuín	X	
19	Ambato	Sin información	X	
20	Ambato	Iglesia de Techo Propio	X	
21	Ambato	Sin información	X	
22	Ambato	Parroquia Arturo	X	
23	Ambato	Parroquia Totoras	X	
24	Píllaro	Parroquia presidente Urbina	X	
25	Píllaro	Parroquia presidente Urbina		
26	Píllaro	Parroquia Píllaro	X	
27	Cevallos			X

Fuente: Toledo C (2023).

En la **Tabla 8**, se muestran 27 los poblados seleccionados para el análisis. De los cuales se obtuvieron datos que fueron compilados en Microsoft Excel de acuerdo con todos los parámetros del inventario. A la par se realizó gráficos comparativos, tomando en cuenta todos los datos.

Para determinar algunos de los parámetros del inventario fue necesario aplicar fórmulas.

La ecuación para determinar la cobertura expresada en (%) en cada poblado es calculada con la Ec. 1.

$$Cobertura = P_{serv}/P_{loc} \quad \text{Ec. 1}$$

Donde:

P_{serv} = Población servida

P_{loc} = Población de la localidad

Además, para poder calcular el parámetro que establece el ARCA, se considera la ecuación para determinar el volumen de agua residual vertida expresada en (m^3) es calculada con la Ec. 2.

$$VARV = \frac{(C_{vfh} * T_{ptar})}{1000} \quad \text{Ec. 2}$$

Para determinar, la capacidad de tratamiento instalada en las PTARS se utilizó la fórmula que se muestra en la Ec. 3.

$$CTAR = \frac{Cap_{ptar}}{1000} \quad \text{Ec. 3}$$

Donde:

$VARV$ = Volumen de Agua Residual Vertida (m^3)

C_{vfh} = Caudal vertido a fuentes hídricas (l/s)

T_{ptar} = Tiempo que trabaja cada PTAR (seg)

Cap_{ptar} = Capacidad de la PTAR (l)

Una vez realizado el análisis de los parámetros se ha tomado en cuenta variables conocidas, para poder hacer una discusión por provincias y ver el funcionamiento, operación y existencia de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTARS).

Finalmente, se realizó la interpretación de las gráficas de todos los parámetros para conocer la existencia, funcionamiento, mantenimiento y control de calidad del agua en los diferentes poblados.

4. CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ANÁLISIS DE LA EXISTENCIA DE PLANTAS DE TRATAMIENTO

Para realizar el análisis, se organizó la información obtenida en los 27 poblados en los cantones de estudio (Riobamba, Guano, Cumandá, Colta, Ambato, Cevallos, Píllaro).

En la **Tabla 9** se presentan los datos del cantón, poblado y cantidad de plantas de tratamiento de las que se obtuvo información más detallada.

Tabla 9 Número de plantas de tratamiento en cada poblado

CANTÓN	POBLADO/UBICACIÓN PLANTA	NÚMERO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL
Riobamba	La libertad- San Luis	1
Cumandá		0
Colta	Villa la unión	1
Guano 1	Parroquia San Andrés	1
Guano 2	Parroquia San Isidro	1
Guano 3	Parroquia San Gerardo	1
Ambato 1	Parroquia Ficoa	1
Ambato 2	Parroquia Pilahuín	1
Ambato 3	Parroquia de Puerto Arturo	1
Ambato 4	Panamericana Norte (paso lateral)	1
Ambato 5	Parroquia Quisapincha	1
Ambato 6	Parroquia Cunchibamba	1
Ambato 7	Parroquia Cunchibamba	1
Ambato 8	Sin información	1
Ambato 9	Parroquia Santa Rosa	1
Ambato 10	Sin información	1
Ambato 11	Parroquia Pilahuín	1
Ambato 12	Parroquia Pilahuín	1
Ambato 13	Sin información	1
Ambato 14	Iglesia de Techo Propio	1
Ambato 15	Sin información	1
Ambato 16	Parroquia Arturo	1
Ambato 17	Parroquia Totoras	1
Píllaro 1	Parroquia presidente Urbina	1
Píllaro 2	Parroquia presidente Urbina	1
Píllaro 3	Parroquia Píllaro	1
Cevallos		0

Fuente: Toledo C (2023).

En la **Figura 8** se presenta gráficamente el contenido de la **Tabla 9**, se observa que, de los 27 poblados, el 93 % tienen al menos una planta de tratamiento y el 7 % no tienen ningún tipo de tratamiento de aguas residuales.

Estos resultados concuerdan con lo mencionado por Torske (2019), donde se destaca que varios municipios ignoran la norma en donde se indica que en el país las aguas residuales deben ser tratadas, con procesos eficientes, en este caso los cantones Cevallos y Cumandá.

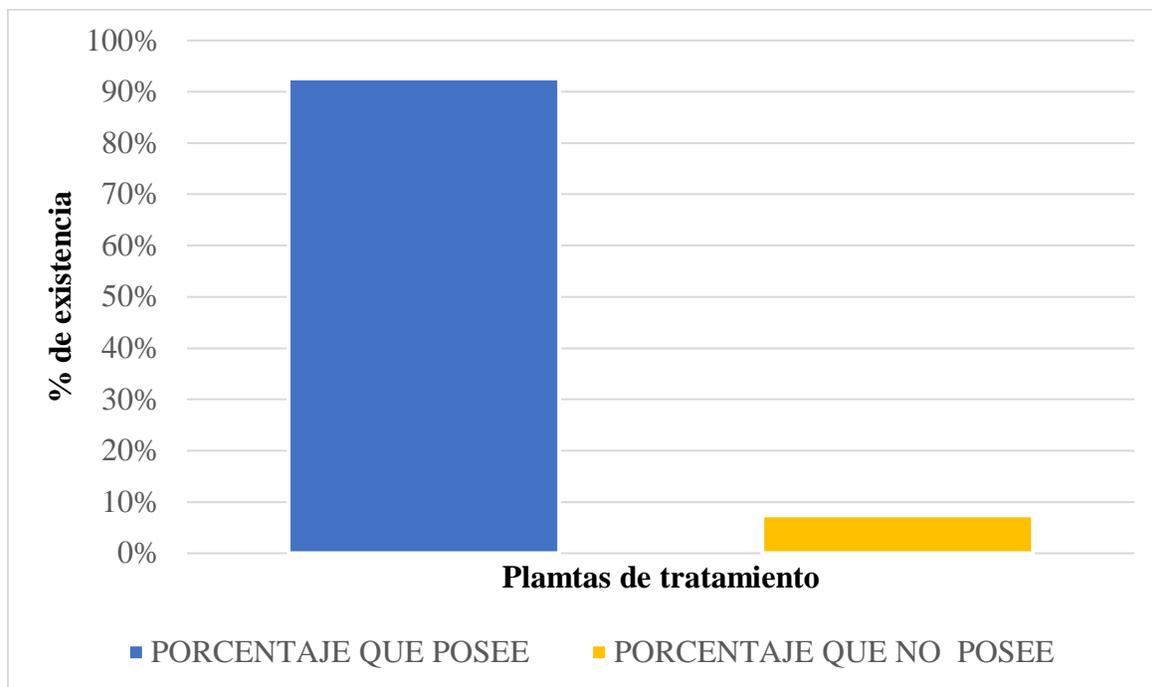


Figura 8 Porcentaje de existencia de plantas de tratamiento de aguas residuales en los cantones de estudio de Chimborazo y Tungurahua.

4.2 ANÁLISIS DE PORCENTAJE DE COBERTURA

Para analizar la cobertura, se recopilieron los datos y se utilizó la Ec. 1 para poder tener una clave indicadora para monitorear y evaluar el impacto que tiene la gestión de tratamiento de aguas, además es importante evaluar la efectividad de las intervenciones y ajustar estrategias según se requiera.

Como se muestra en la **Figura 9** en la provincia de Chimborazo (Riobamba, Cumandá y Colta) y en la provincia de Tungurahua (Cevallos) no se tiene datos, por lo que no es posible tener un valor de cobertura.

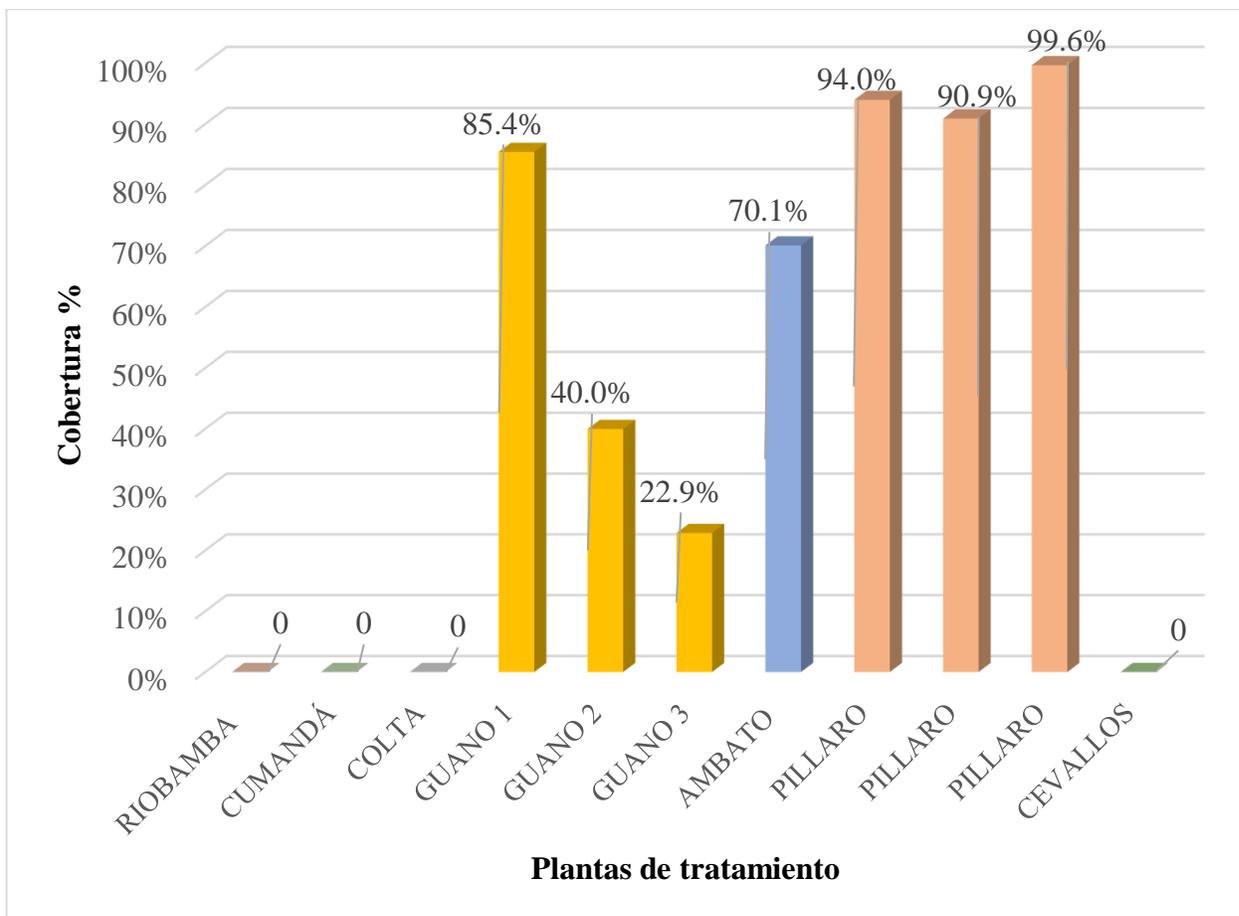


Figura 9 Cobertura en los 27 poblados de estudio.

Contrastando los resultados obtenidos con la bibliografía, se observa que la cobertura de un cantón es esencial para una gestión eficaz y equitativa de servicios y recursos, y a su vez para contribuir al bienestar de las comunidades garantizando el acceso adecuado a servicios de calidad.

4.3 ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DE LOS CAUDALES EN LAS PTARS

Para realizar el análisis de los caudales, se organizó la información por cantidad de caudal inyectado a la planta de tratamiento de agua residual en l/s. De los 27 poblados únicamente dos nos registran datos, mientras que al analizar el caudal vertido a fuentes hídricas en l/s, 11 poblados no tienen datos.

En la **Figura 10** se muestran los datos de los caudales inyectados a las plantas de tratamiento de aguas residuales. En Chimborazo el índice de caudales no es muy alto ya que no cuentan con plantas de tratamiento de mucha capacidad, siendo el valor más alto 14.6 l/s, mientras que en la Provincia de Tungurahua se muestran índices más altos dado que existen PTAR con más capacidad, siendo uno de los valores más altos 20.8 l/s.

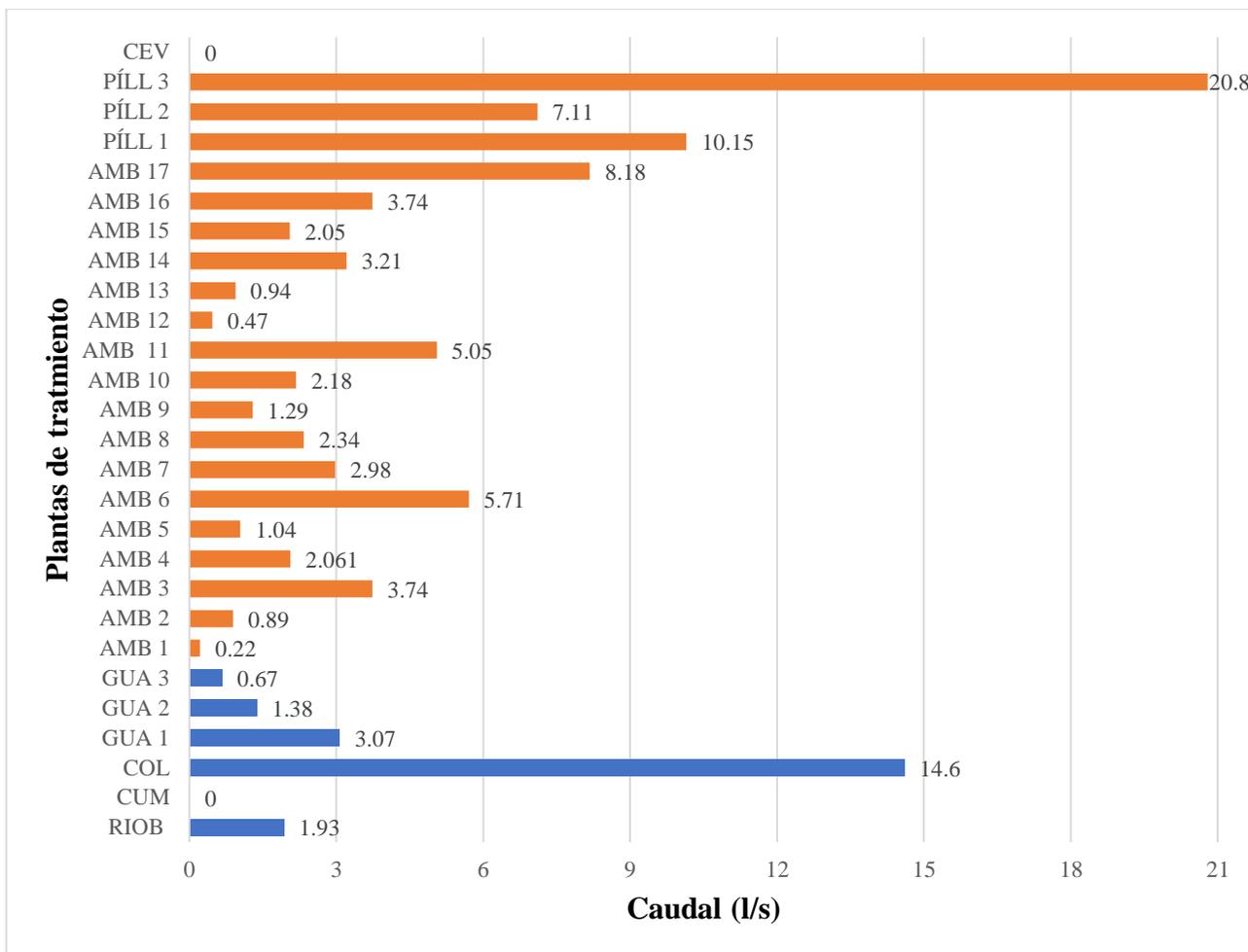


Figura 10 Caudal inyectado a la planta de agua residual.

Comparando los resultados con la bibliografía, se ven factores que afectan directamente a la eficiencia y el rendimiento de las plantas, es importante que el caudal inyectado este controlado, ya que está relacionado directamente con el diseño y la capacidad de cada planta de tratamiento de agua residual (PTAR). Una planta está diseñada para manejar un cierto volumen de agua en un tiempo, y si este valor de caudal inyectado excede la capacidad diseñada o no está dentro de los límites puede sobrecargar el sistema y comprometer la eficiencia de la planta, e impedir que los procesos biológicos y químicos se optimicen y eliminar los contaminantes.

En la **Figura 11** se muestran los datos de los caudales vertidos a fuentes hídricas. En 6 poblados de las diferentes ciudades de la Provincia de Chimborazo no se registran datos de este caudal ya que no cuentan con la información. Por otro lado, en la provincia de Tungurahua se registran valores en 16 PTAR únicamente en la ciudad de Ambato, siendo el más alto 6.66 l/s.

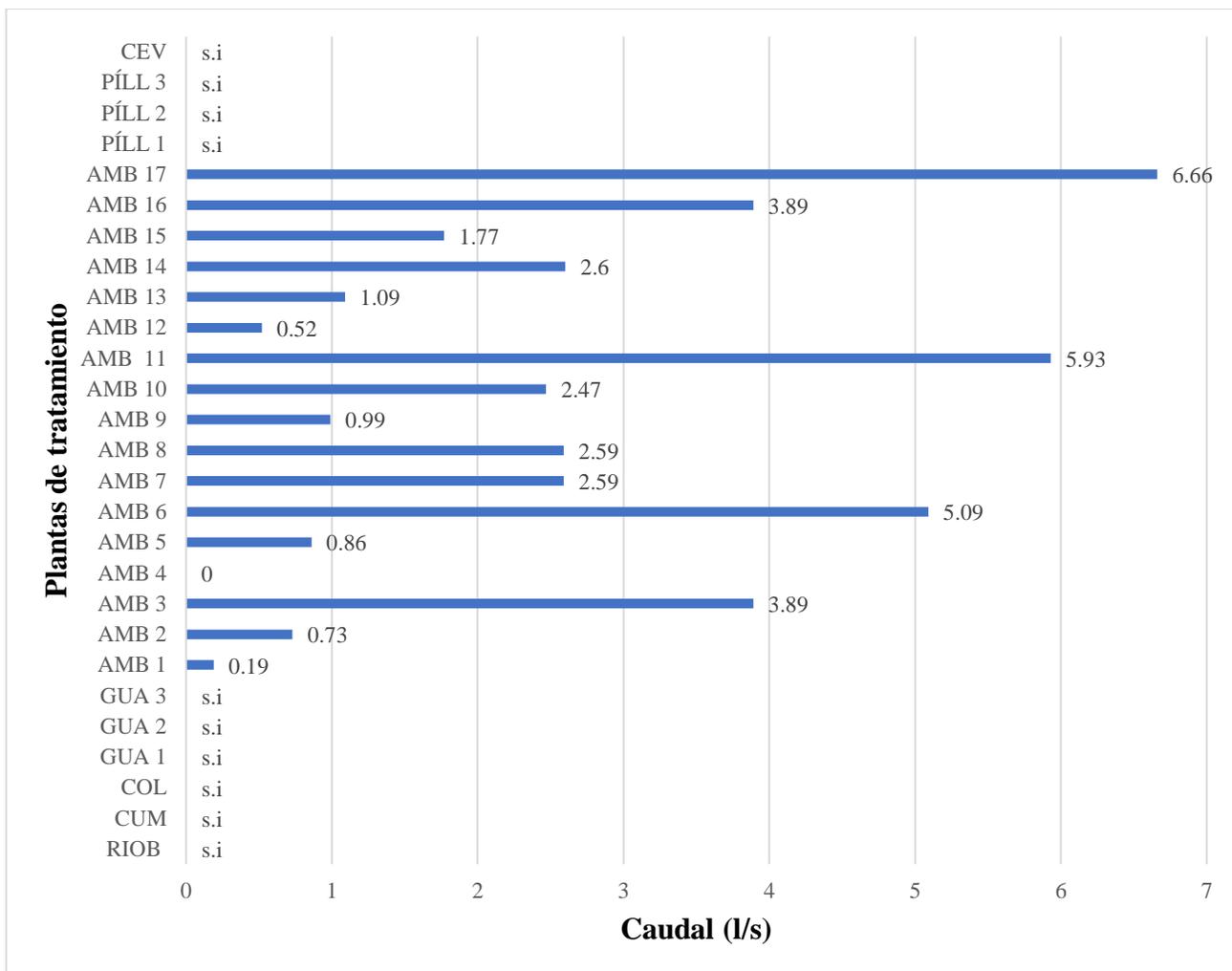


Figura 11 Caudal vertido a fuentes hídricas

Por otro lado, al observar la variación de caudales analizados, el caudal vertido a las fuentes hídricas es un aspecto crítico en la gestión del agua y el medio ambiente, que debe ser controlado para prevenir la sobrecarga de contaminantes y mantener la calidad del agua en los cuerpos de agua. Un caudal inadecuado puede contribuir a la contaminación y afectar negativamente a los ecosistemas, por otro lado, ya sea si son caudales insuficientes o excesivos, pueden tener impactos negativos afectando la biodiversidad y salud de los ecosistemas.

4.4 ANÁLISIS DE UNIDADES DE TRATAMIENTO EN CADA PTAR

Al analizar las unidades de tratamiento en cada PTAR, en la **Figura 12** se muestra que el desarenador es la unidad de tratamiento que la mayoría de las plantas posee con el 85 %, mientras que al analizar el valor más bajo 11% que corresponde al Tanque Imhoff, demuestra que casi ninguna PTAR posee esta unidad de tratamiento y no cumple con lo que por normativa debería tener para tener un adecuado sistema de tratamiento.

Al no tener todas las unidades de tratamiento, afecta principalmente a la eficiencia operativa. Cada unidad de tratamiento cumple un papel en específico en el proceso global de tratamiento. Si alguna parte falla o no funciona afecta a la calidad del agua tratada.

Contrastando los resultados con la bibliografía, 25 de los 27 poblados tienen unidades de tratamiento, pero no todas cumplen con todos los requerimientos de calidad que la Norma exige.

Estos resultados concuerdan con lo que enfatiza Iagua (2021), que la importancia de un monitoreo adecuado de las plantas de tratamiento de aguas residuales es muy importante, ya que, si se quiere que la calidad de agua sea buena, se necesita que todas las unidades de tratamiento estén completas y funcionando correctamente.

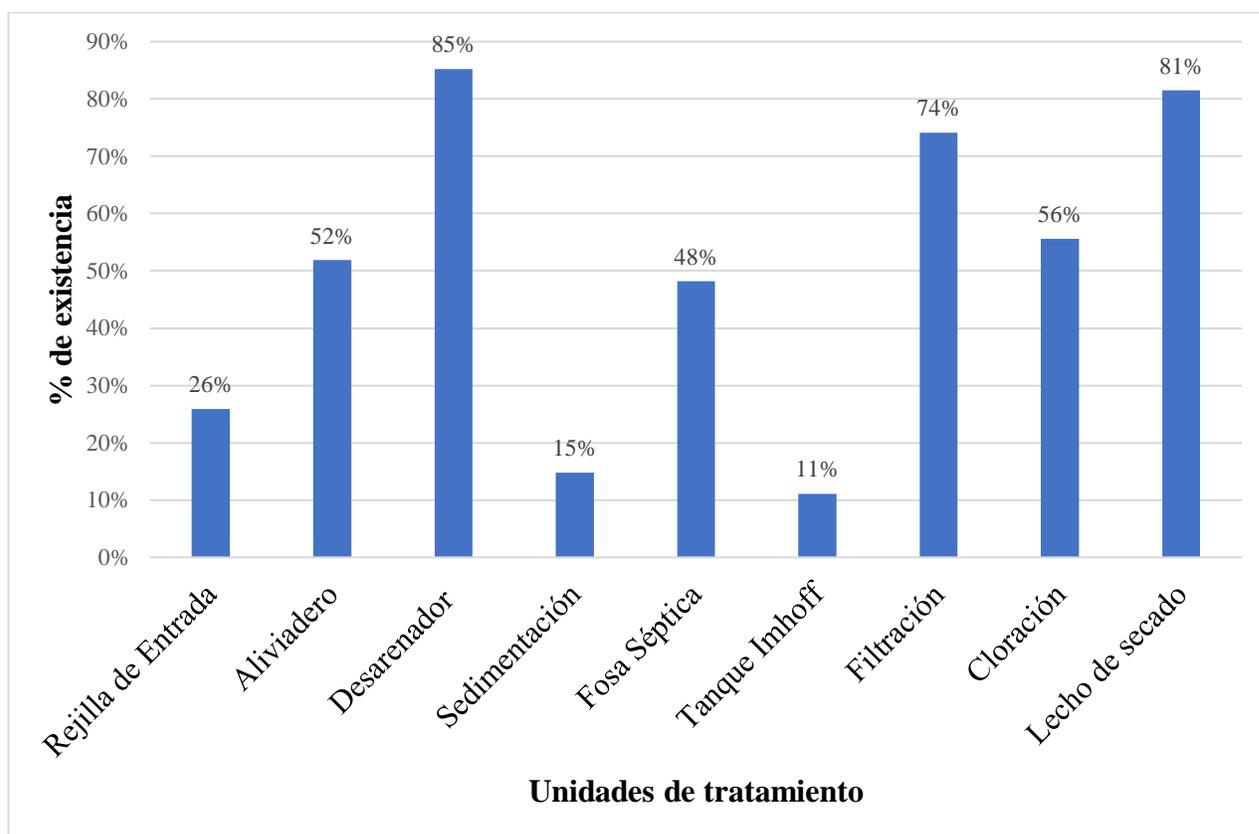


Figura 12 Porcentaje de existencia de unidades de tratamiento de los 27 poblados.

En la **Figura 13** se presenta la comparación del porcentaje de unidades de tratamiento en cada PTAR en los poblados de estudio con información detallada de sus sistemas completos. Chimborazo, a pesar de tener menos habitantes, tiene porcentajes más bajos que Tungurahua.

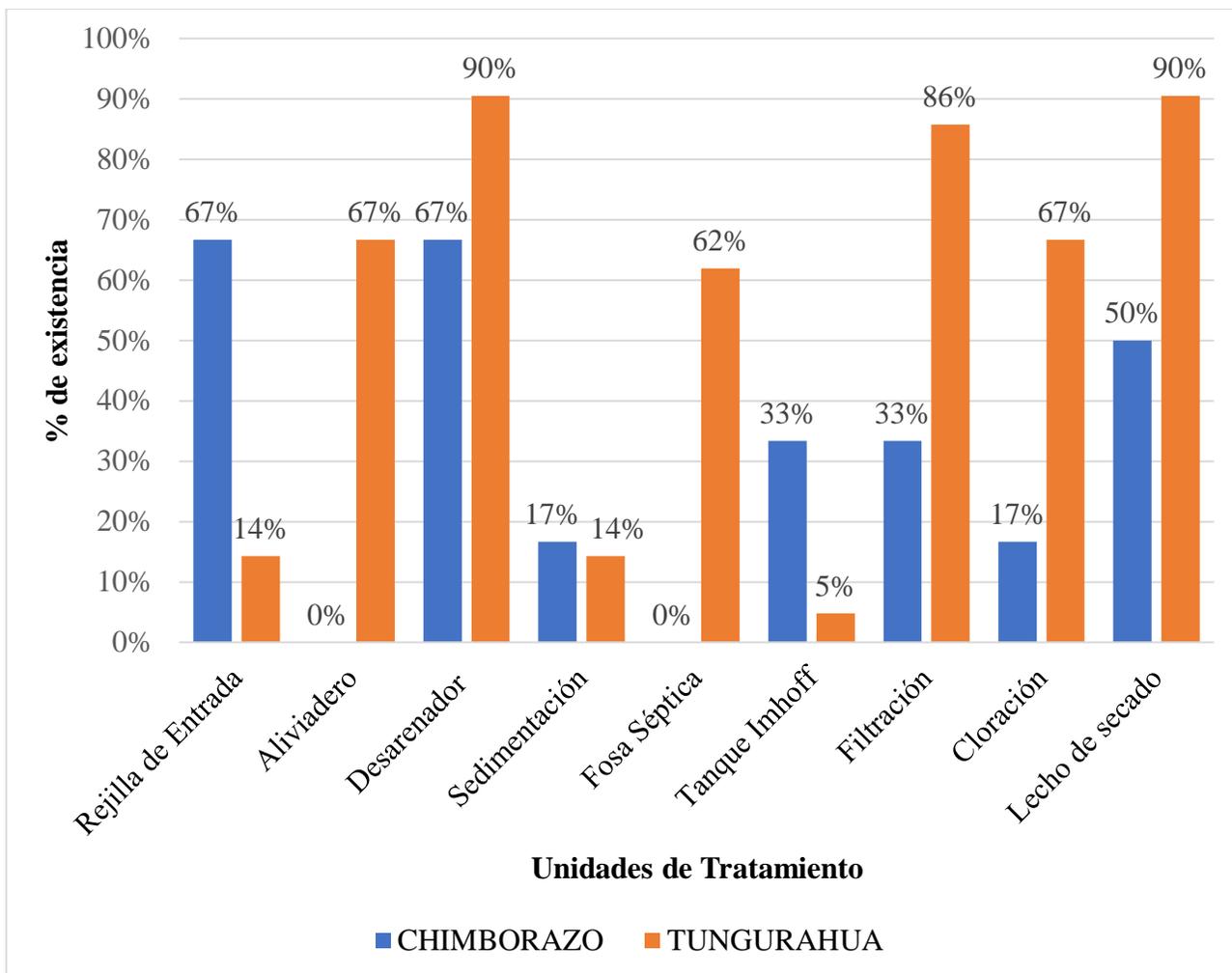


Figura 13 Porcentaje de existencia de unidades de tratamiento a nivel de las 2 provincias.

Se observa que Chimborazo tiene porcentajes que van de entre 0% a 67 %, pero Tungurahua tiene porcentajes que varían entre 5% y 90%, indica que las PTAR en esta provincia tienen un sistema más completo, incluyendo unidades de tratamiento más eficaces. Ahora analizando una de las unidades de tratamiento, el lecho de secado en Chimborazo tiene 50% y Tungurahua 90%, es notorio que la gestión de tener un proceso completo es evidente.

4.5 ANÁLISIS DEL PARÁMETRO DE MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Para analizar el nivel de mantenimiento y control que se tiene en cada PTAR, se organizó la información, de acuerdo con varios indicadores de estudio, en este caso el manual de operación.

En la **Figura 14** se muestra que el 85 % de las plantas de tratamiento, a nivel de los poblados de ambas provincias, tienen un manual de operación, indicador que permite saber

que al menos 23 de las 27 PTAR tienen un manejo de control. Por otro lado, el 15 % de PTAR, es decir 4 de los 27 poblados, no cuentan con un manual de operación, esto nos indica que la gestión es ineficiente, ya que al no tener un control de operación no se tiene un adecuado tratamiento del agua.

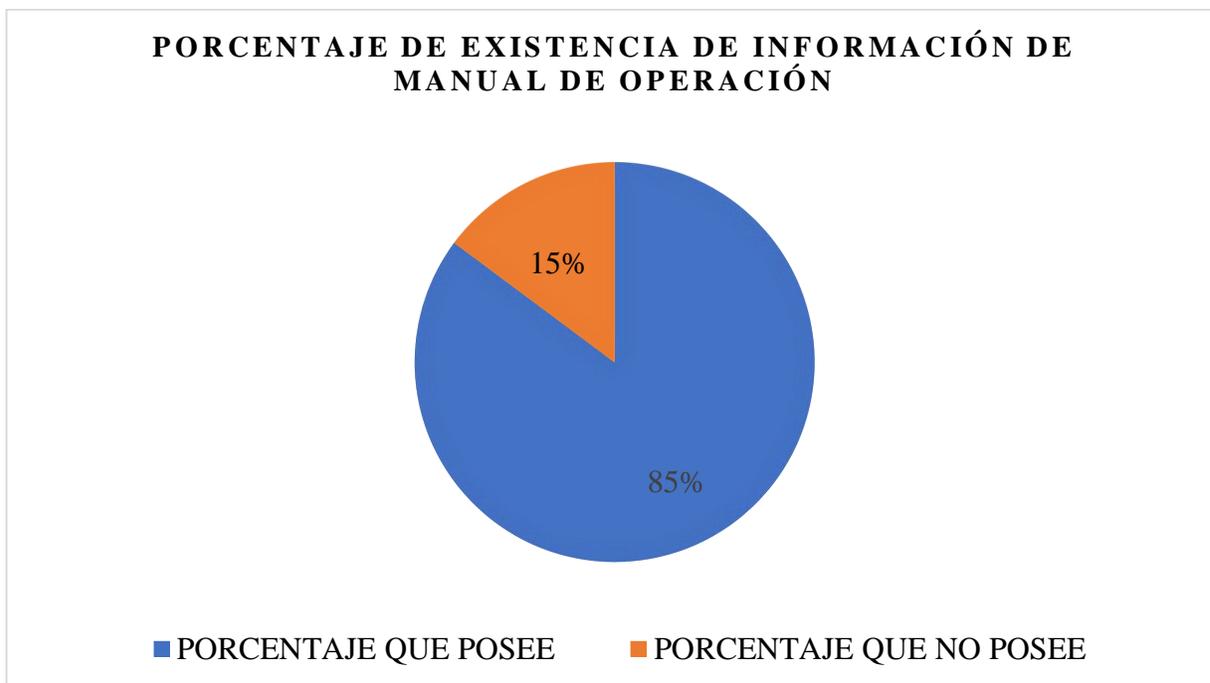


Figura 14 Manual de Operación

Con los resultados obtenidos, podemos decir que las dos provincias al no tener el 100% de cumplimiento, no aseguran un mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos y sistemas de las plantas. Lo que influye directamente a que no se cumplen con los procedimientos estandarizados.

4.6 ANÁLISIS DEL PARÁMETRO DE CANTIDAD DE NÚMERO DE TÉCNICOS DE OPERACIÓN.

Para analizar esta información, se necesitó compilar datos numéricos. En la **Figura 15**, el 77 % de las PTAR dan un registro del número de técnicos de operación de cada planta, es decir que 20 de las 27 plantas poseen técnicos de operación que realizan sus actividades de control. Mientras que el 23% de las PTAR no tienen un registro de información, destacando que el cantón Píllaro y Guano siendo cantones pequeños deberían tener un mejor plan de control.

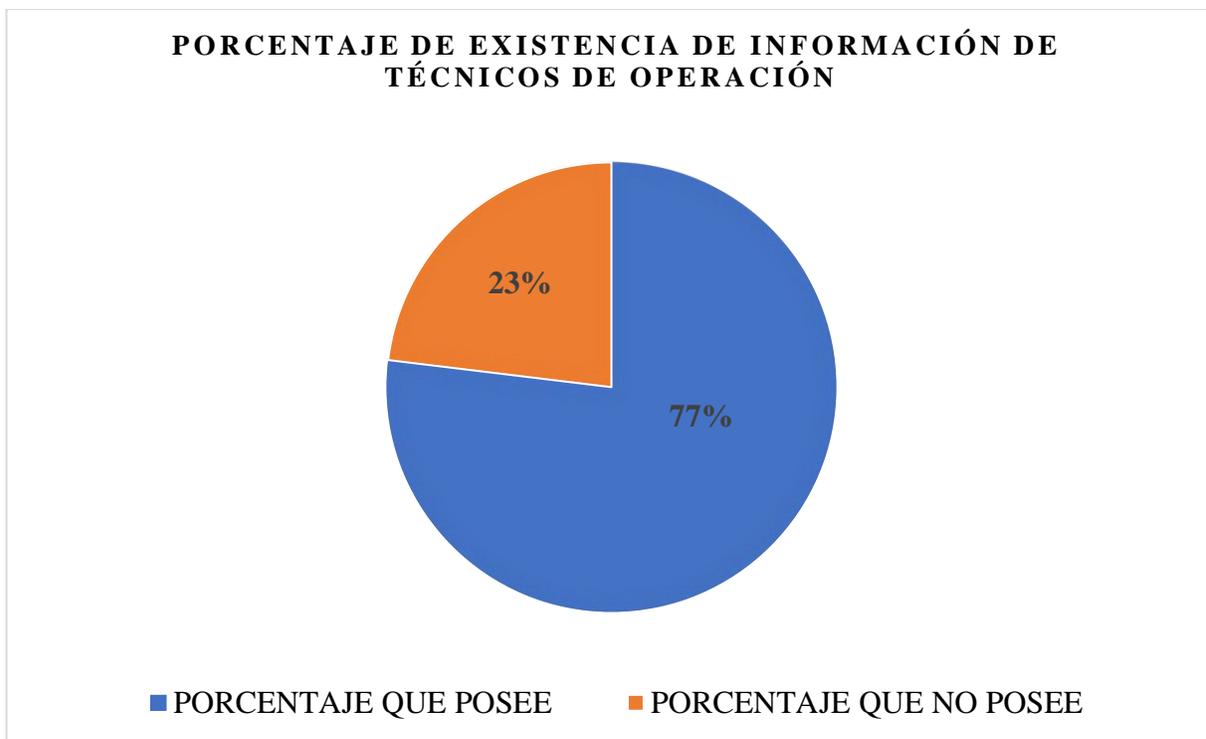


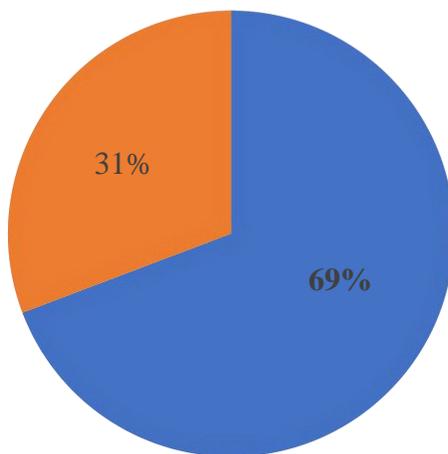
Figura 15 Técnicos de operación

Este indicador presenta fallas, ya que al no tener información de cuantos técnicos de operación existen, no se pueden realizar monitoreos para asegurar que los procesos funcionen adecuadamente. Además, saber el número de operadores permite tener una supervisión continua de las operaciones y la detección de problemas.

4.7 ANÁLISIS DEL PARÁMETRO DE COSTO ANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Dentro de la **Figura 16** se puede observar que el 69% de PTAR tienen información acerca del costo de operación y mantenimiento, es decir que, 18 de los 27 poblados tienen un registro de datos que, aunque no son muy detallados, sirven para tener un inventario actualizado. Es importante destacar que en varios municipios no hay reportes financieros.

PORCENTAJE DE PTAR QUE CUENTAN CON INFORMACIÓN DE COSTO ANUAL OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO



■ PORCENTAJE QUE POSEE ■ PORCENTAJE QUE NO POSEE

Figura 16 Costo Anual de Operación y Mantenimiento

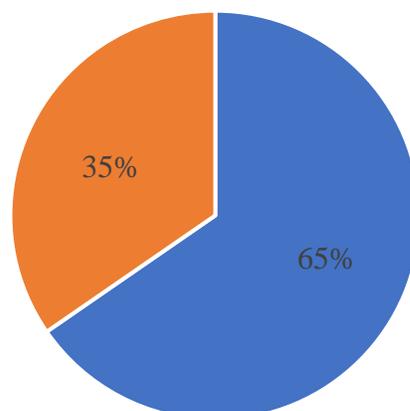
Ahora bien, el 31% de PTAR que no tienen estos datos, no pueden establecer un presupuesto adecuado, así también no pueden tener una asignación de recursos financieros para cubrir los gastos operativos, mantenimiento y posibles mejoras en las plantas.

Como se puede observar en la **Figura 16** el 69% de PTAR que tienen este dato pueden mantener un control sobre costos, contribuyendo a la sostenibilidad financiera a largo plazo, ya que es crucial garantizar la viabilidad económica de cada planta.

4.8 ANÁLISIS DEL PARÁMETRO DE DIFUSIÓN INTERNA Y EXTERNA DE REPORTES DE CALIDAD DE AGUA

En la **Figura 17** se muestra que el 65 % de las PTAR; es decir, 17 de las 27 plantas tienen difusión de reportes de calidad de agua. Por otro lado, el 35 % de PTAR, no tienen registros de reportes.

PORCENTAJE DE EXISTENCIA DE INFORMACIÓN DE DIFUSIÓN INTERNA Y EXTERNA DE REPORTES CALIDAD AGUA



■ PORCENTAJE QUE POSEE ■ PORCENTAJE QUE NO POSEE

Figura 17 Difusión Interna y Externa De Reportes de Calidad de Agua.

La difusión interna y externa a nivel de los 27 poblados de las dos provincias indica que la gran mayoría en Chimborazo no dispone de información, pero es importante ya que estos informes detallan sobre riesgos químicos o biológicos, permitiendo la implementación de medidas de seguridad adecuadas.

Contrastando los resultados con la bibliografía, se observa que, en el plan de Desarrollo de Ordenamiento Territorial de la ciudad de Riobamba, no hay control en los límites de parámetros para asegurar la calidad de agua, por lo que es un indicador que presenta fallas.

4.9 ANÁLISIS DEL PARÁMETRO DE COBRO DE TARIFA

Para el análisis de este indicador, en la **Figura 18** se muestra que el 65% de PTAR tienen información acerca de tarifas, pero este porcentaje únicamente representa a las 17 PTAR que se ubican en el cantón Ambato, mientras que el 35% no tienen información acerca de este indicador.

PORCENTAJE DE EXISTENCIA INFORMACIÓN DE TARIFA QUE COBRA CADA PTAR

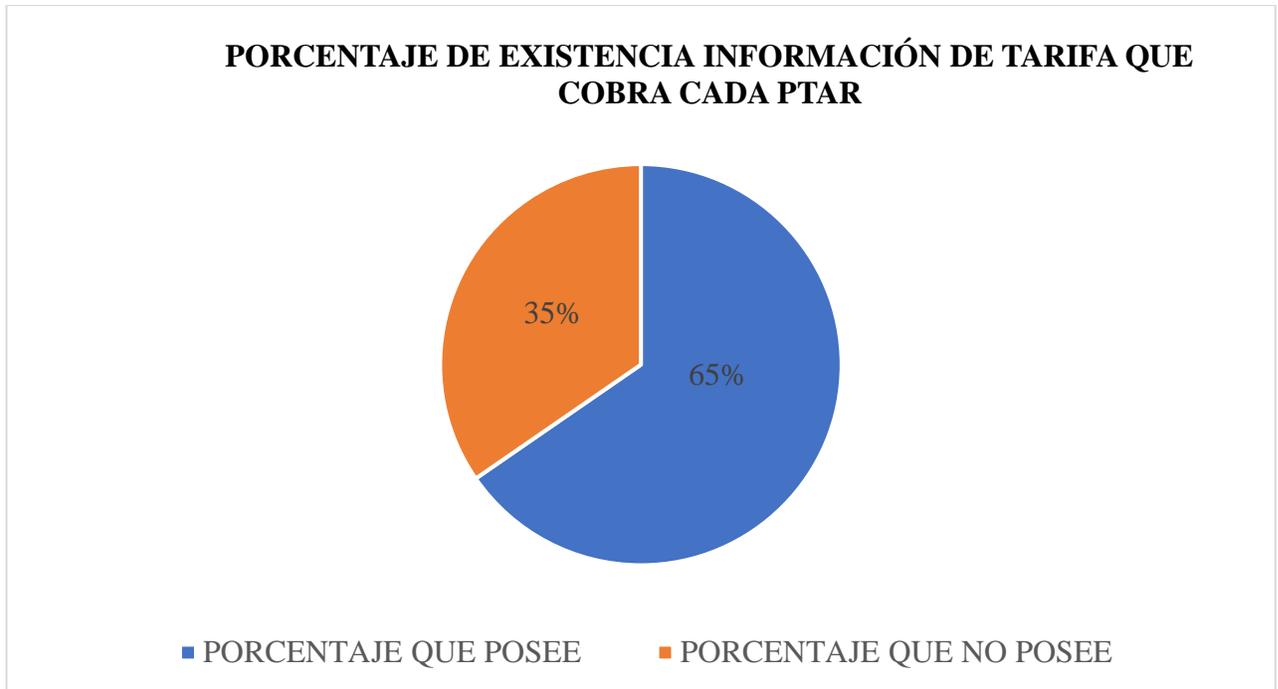


Figura 18 Tarifa que cobra una PTAR

Dentro de la **Figura 19** se puede observar la comparación del parámetro de Operación y Mantenimiento entre las dos provincias, en cuanto al indicador de manual de operación se tiene que la provincia de Chimborazo tiene un 50 % de PTAR que cumplen con el requisito de tener un manual de operación, siendo solo Riobamba , Colta y un poblado en Guano los que lo poseen, mientras que la provincia de Tungurahua tiene un 95 % , siendo Ambato y Píllaro los únicos que tienen un manual de operación actualizado. Por otra parte, dos poblados de Guano no tienen un manual que permita saber cómo es el mantenimiento de cada planta.

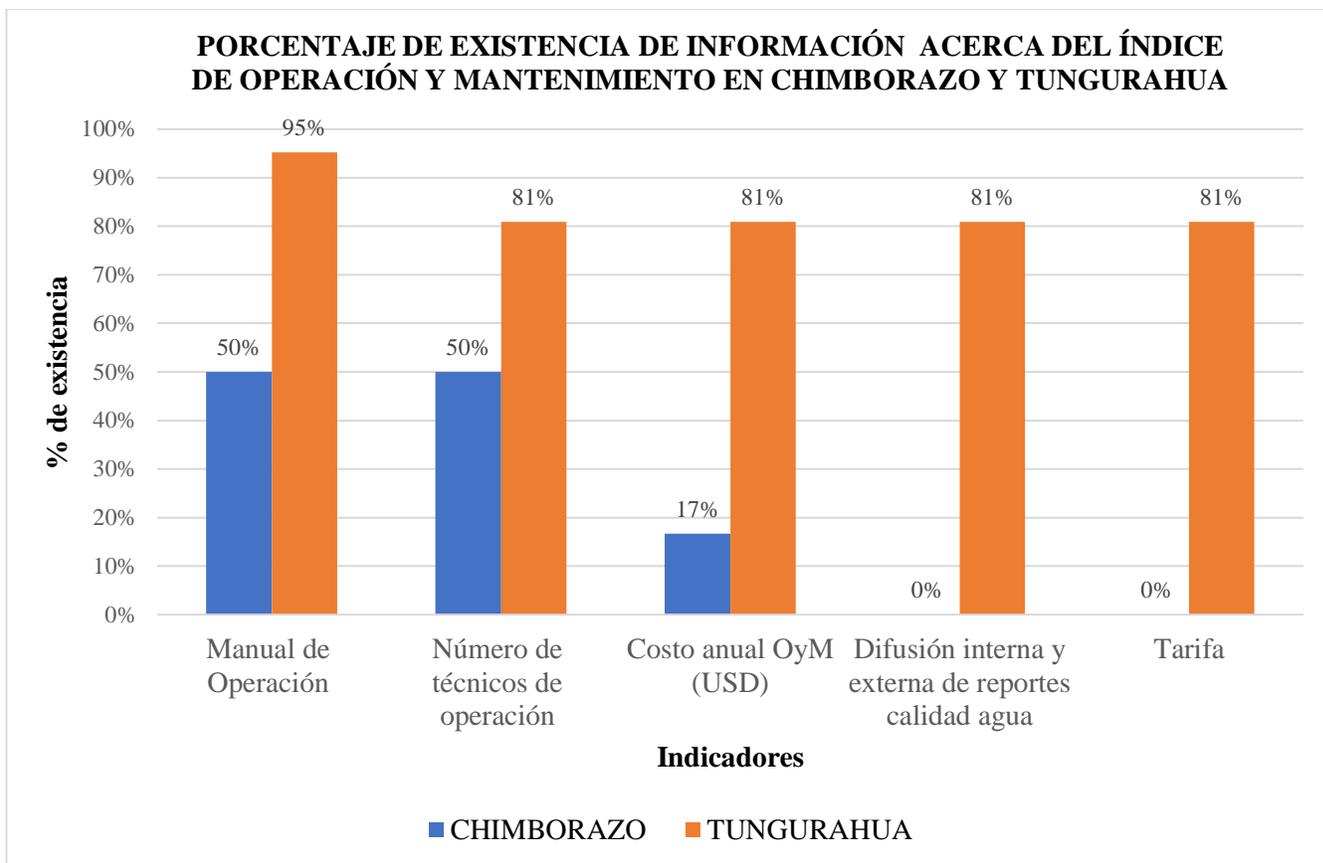


Figura 19 Operación y Mantenimiento en Chimborazo y Tungurahua

En Chimborazo, se tiene que un 50% de PTAR tienen información numérica acerca del número de técnicos de operación, valor que requiere atención ya que es un indicador que nos permite ver que la otra mitad de PTAR analizadas no cuentan con este dato. Mientras que, en Tungurahua, al tener un 81% de PTAR que tienen información demuestra que la gestión del personal activo es más eficaz, cabe destacar que únicamente el cantón Ambato tiene esta información en las 17 plantas en las que se levantó la información de esta provincia.

Por otro lado, para el indicador de costo anual ha sido difícil obtener información de tipo financiero en los municipios, es por esto que, en Chimborazo únicamente el 17%, es decir una PTAR en el cantón Riobamba tiene un valor aproximado. Mientras que en Tungurahua el 81%, es decir, 17 plantas tienen un valor en (USD) de este indicador, siendo únicamente Ambato el cantón que posee esta información.

La difusión interna y externa de los reportes de calidad de agua, en la provincia de Chimborazo ha sido nula, por lo que no se puede saber cómo manejan este indicador, mientras que, en Tungurahua se tiene un 81%, específicamente en Ambato que es el único cantón que explica que los resultados de las plantas de Tratamiento de Agua Residuales son

cumplidos al MAATE, y que todos los parámetros cumplen bajo los lineamientos que se requieren.

En cuanto al indicador de tarifa, también es evidente que en Chimborazo no hay información, pero en Tungurahua se presenta un 81% como se indica en la **Figura 19**, se destaca que únicamente las PTAR del cantón Ambato establecen que la EP-EMAPA-A no tiene ninguna tarifa de cobro por el mantenimiento de las PTAR.

4.10 ANÁLISIS DEL PARÁMETRO DE CALIDAD DE AGUA

Para el análisis de la calidad de agua, se recopiló información de los últimos informes de parámetros que se han analizado en el agua de las PTAR de los poblados de análisis. Es así que como se muestra en la **Figura 20** en la provincia de Tungurahua, únicamente las 17 plantas de tratamiento de aguas residuales que se encuentran en el cantón Ambato con un porcentaje del 100%, cumplen con todos los 44 parámetros según la Norma de Referencia Tabla N°9. Límites de Descarga a un cuerpo dulce. TULSMA. LIBRO VI. ANEXO 1 (2015). Por otro lado, en Cevallos que pertenece a la misma provincia no existen plantas de tratamiento, y en Píllaro no hay informes de calidad de agua.

En la provincia de Chimborazo, en ninguno de los poblados se cumple con todos los parámetros, por lo que nos dice que a nivel de provincia se tiene un ineficiente control de calidad de agua, lo que afecta directamente a la población y su desarrollo.

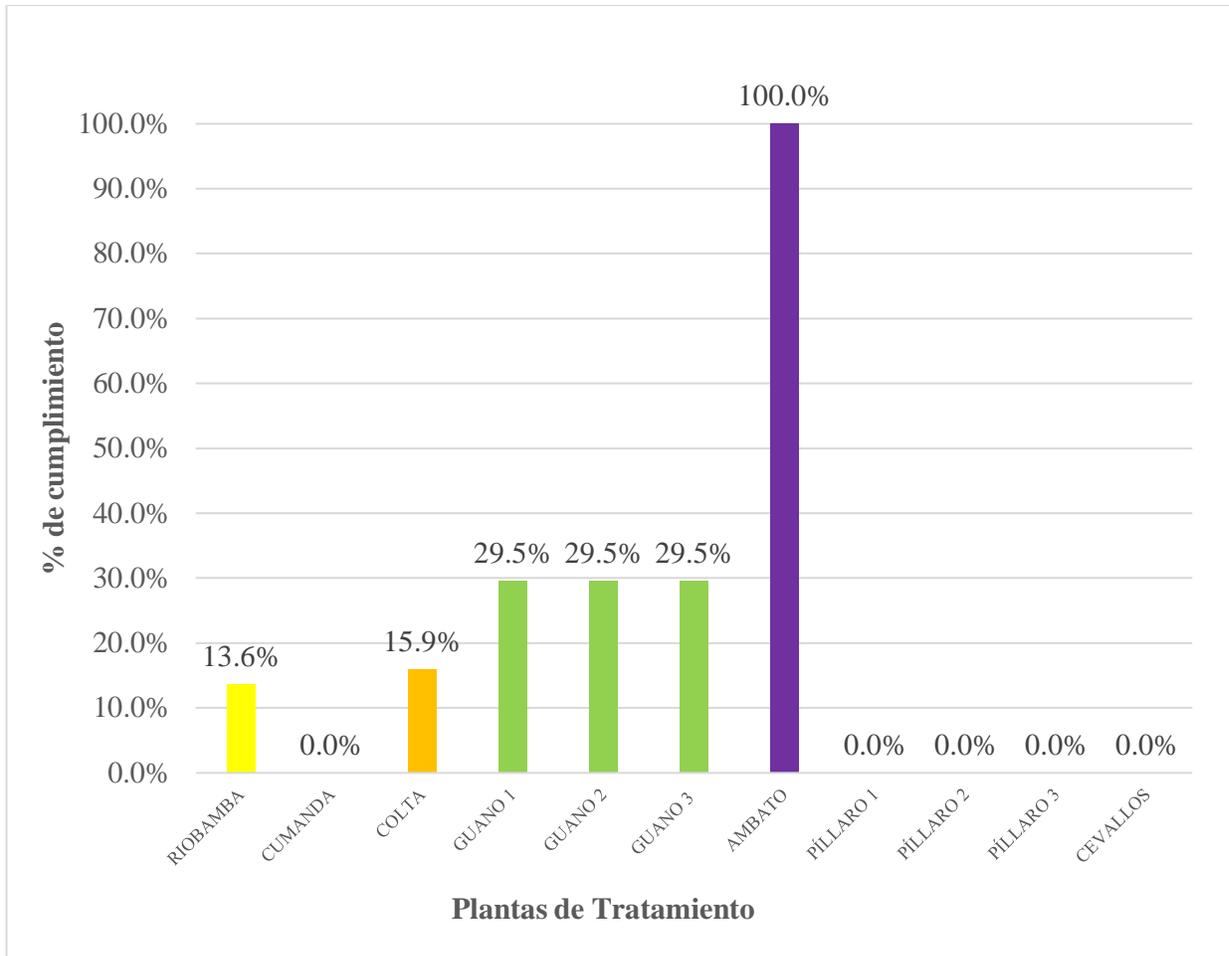


Figura 20 Cumplimiento de Parámetros TUSLA

4.11 ANÁLISIS DE PARÁMETRO ARCA

Para el análisis del parámetro ARCA, se ha tomado datos numéricos recolectados como: caudales y tiempos de trabajo de las PTAR es así como con la Ec. 2 y la Ec. 3 se puede calcular el parámetro denominado: Uso de la capacidad actual de tratamiento de aguas residuales (CATar) que se expresa con la Ec. 5 que se muestra a continuación:

$$CATar = \frac{VARV}{CTAR} * 100 \quad \text{Ec. 5}$$

Donde:

CATar: Capacidad actual de tratamiento de aguas residuales (%).

VARV: Volumen de agua residual vertida o descargada con tratamiento (primario y/o secundario) durante el período reportado (m^3).

CTAR: Capacidad de tratamiento instalada en plantas de tratamiento de aguas residuales (m^3).

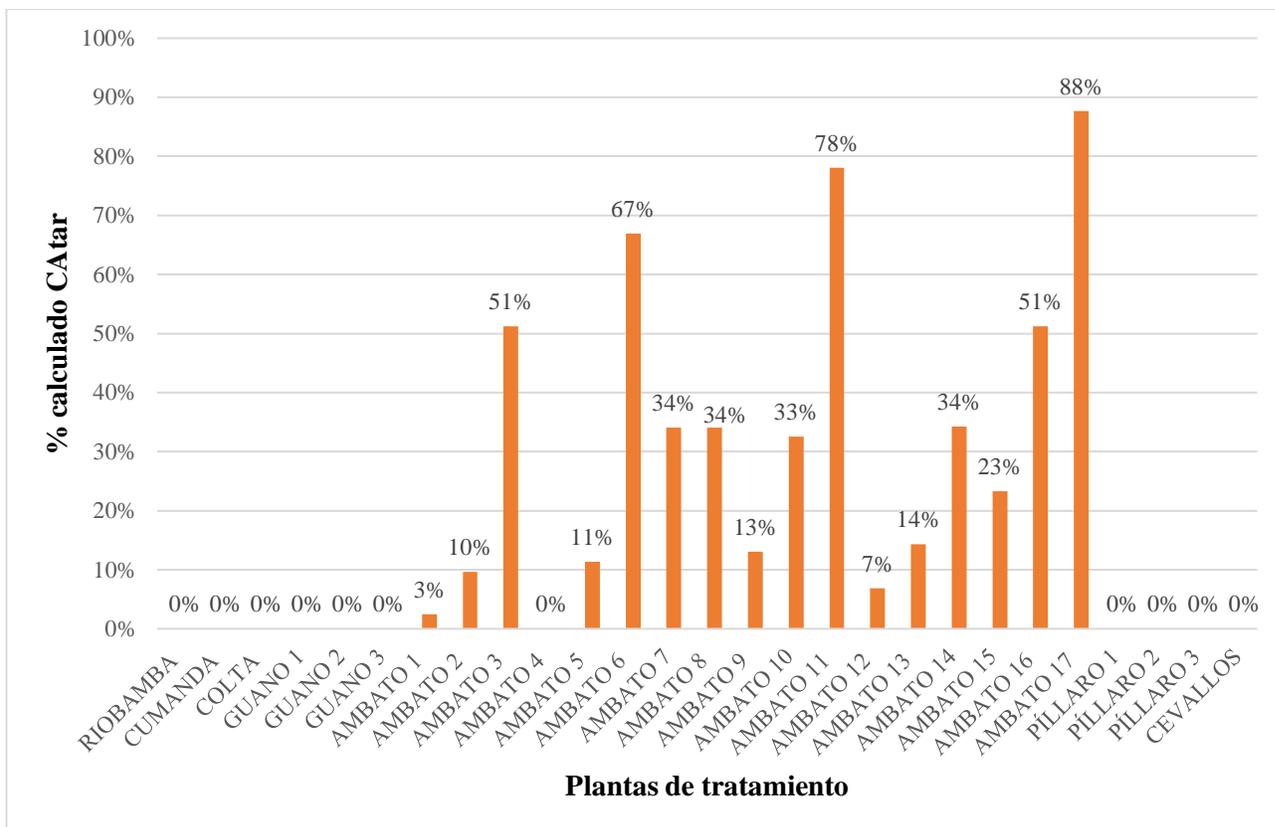


Figura 21 Porcentaje de Capacidad Actual de Tratamiento de Aguas Residuales

Contrastando los resultados obtenidos con la bibliografía, se observa que el uso de la capacidad varía como se muestra en la **Figura 21**, lo que quiere decir que el uso depende de la capacidad de cada PTAR. Esta capacidad determina la cantidad de agua residual que una planta puede manejar en un periodo de tiempo determinado. Por otro lado, hay que asegurar que la capacidad sea adecuada, para así satisfacer la demanda actual, especialmente en áreas con crecimiento poblacional o industrial.

5. CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

En este trabajo de investigación se obtuvo información de 27 plantas de tratamiento de agua residual en 7 cantones de la Provincia de Chimborazo y Tungurahua (Riobamba, Guano, Colta, Cumandá, Ambato, Píllaro y Cevallos). Todos los datos fueron organizados mediante la aplicación de un inventario con varios indicadores.

Dentro de este estudio, se identificó información de las unidades de tratamiento en cada planta, y existen diferencias significativas en los porcentajes ya que en todas las plantas manejan diferentes procesos de tratamiento. A su vez únicamente se tuvo 2 cantones en los que no hay ningún proceso de tratamiento de aguas residuales.

Al mismo tiempo mediante análisis gráfico se identificó, todos los indicadores de operación y mantenimiento (manual de operación, número de técnicos de operación, costos de mantenimiento y tarifas para el beneficiario). Es importante destacar que este tipo de información fue muy escasa en las dos provincias, ya que la gran mayoría de GAD municipales no poseen información o no es de fácil acceso.

Por otro lado, se identificaron los parámetros de calidad que se evalúan en las plantas de tratamiento, dando como resultado porcentajes críticos. No todas cumplen con los requerimientos de calidad. Además, hay que destacar que al igual que para otros indicadores no se obtuvo información en varios cantones y basada en este resultado es necesario implementar más control en las gestiones municipales, para asegurar que la calidad del agua cumpla con las normas establecidas.

5.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda continuar con la aplicación de inventarios en las provincias del país, para poder analizar el funcionamiento y lineamientos de calidad del agua residual.

Se recomienda hacer actualizaciones de información cada año en las plantas de tratamiento de agua residual para así saber el tratamiento y deposición final de las aguas. Ya que en base a los resultados hay mucha información incompleta y es necesaria para aplicar planes de gestión que aseguren que la calidad del agua mejore.

Se recomienda dar un correcto seguimiento a todas las plantas de tratamiento en estudio, mediante la implementación de planes de gestión prioritarios principalmente para los cantones de Cumandá y Cevallos ya que no poseen ningún tipo de tratamiento de aguas residuales.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Alcaldía del cantón Cumandá. (2019). *Plan de Trabajo Plurianual*. Obtenido de https://www.cumanda.gob.ec/images/cumanda/rendicion_cuentas/a%C3%B1o2022/2_Plan_de_Trabajo_Plurianual-Alcald%C3%ADa_del_cant%C3%B3n_Cumand%C3%A1.PDF
- Arriols, E. (6 de Agosto de 2018). *Qué son las aguas residuales y cómo se clasifican*. Obtenido de <https://www.ecologiaverde.com/que-son-las-aguas-residuales-y-como-se-clasifican-1436.html>
- CBR Ingeniería. (26 de octubre de 2020). *Beneficios de tener una PTAR*. Obtenido de <https://blog.cbr-ingenieria.com.mx/beneficios-tener-una-ptar>
- Código Ecuatoriano de la Construcción. (1992). *Sistemas de tratamiento de aguas residuales de Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes*. Código Ecuatoriano de la Construcción, Quito.
- Comisión Nacional del Agua. (2016). *Filtros Anaerobios de Flujo Ascendente*. México.
- EP EMAPAR . (2020). *BASES Y PLIEGOS: ANEXO TECNICO*. Obtenido de <https://www.epemapar.gob.ec/at.pdf>
- EP EMAPAR. (2017). *Plan Estratégico de Desarrollo Cantonal* . Obtenido de <https://www.epemapar.gob.ec/wp-content/uploads/2017/03/plandesarrollocantonal.pdf>
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Colta. (2018). *Ubicación Geográfica*. Obtenido de <https://gadcolta.gob.ec/gadcolta/index.php/colta/ubicacion>
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Riobamba. (2023). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*. Obtenido de <http://nap.gadmriobamba.gob.ec:8008/articulos/storage/app/uploads/public/652/d60/9dd/652d609ddb0d9163917884.pdf>

- Gonzales. (2011). *DSpace en ESPOL*. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6087/5/CAPITULO%202.pdf>
- Hora, L. (2018). *Altos niveles de contaminación en el río Ambato*. Obtenido de <https://www.lahora.com.ec/noticias/altos-niveles-de-contaminacion-en-el-rio-ambato/>
- Iagua. (08 de Febrero de 2021). *Según una investigación, el tratamiento de aguas residuales en el mundo aumenta al 50%*. Obtenido de <https://www.iagua.es/noticias/europa-press/segun-investigacion-tratamiento-aguas-residuales-mundo-aumenta-al-50#:~:text=Tratamiento%20del%20Agua-,Seg%C3%BAAn%20una%20investigaci%C3%B3n%2C%20el%20tratamiento%20de%20aguas%20residuales,el%20mundo%20aumenta%20>
- INEC. (Octubre de 2016). *ESTADÍSTICA DE INFORMACIÓN*. Obtenido de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2015/Documento_Tecnico-Gestion_de_Agua_y_Alcantarillado_2015.pdf
- INEC. (Diciembre de 2022). *Gestión de Agua Potable y Saneamiento 2021*. Obtenido de [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2021/Agua_potable_alcantarrillado_2021/PRESENTACION%20APA%202021_V7%20\(Rev.%20Dicos\).pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2021/Agua_potable_alcantarrillado_2021/PRESENTACION%20APA%202021_V7%20(Rev.%20Dicos).pdf)
- López, C., Buitrón, G., García, H., & Cervantes, F. (2008). *Tratamiento biológico de aguas residuales: Principios, modelación y diseño*. Obtenido de <file:///C:/Users/MISHELL/Downloads/640701.pdf>
- Merino, C. (2022). *Tratamientos de aguas*. Obtenido de <file:///C:/Users/MISHELL/Downloads/ALCANTARILLADO/SEGUNDO%20PARCIAL/3.2.%20Tratamiento%20Preliminar%20.pdf>
- METCALF, & EDDY. (1995). *“Tratamiento, vertido y reutilización,” in Ingeniería de aguas residuales*. Madrid , España . Obtenido de

file:///C:/Users/MISHELL/Downloads/INGENIERIA_DE_AGUAS_RESIDUALES
_TRATAMIEN.pdf

Ministerio del Ambiente . (4 de noviembre de 2015). *Registro Oficial* . Obtenido de
file:///C:/Users/MISHELL/Downloads/Documento_Registro-Oficial-No-387-04-
noviembre-2015_0.pdf

Moeller,G; Sandoval, L; Ramirez, A; Ramirez, E; Cardoso, L; Escalante, V; Tomasini, A;
Ortíz, G. (2011). *Tratamiento de Aguas Residuales*. México.

Municipio de Pillaro. (2023). *Datos Generales*. Obtenido de
https://www.pillaro.gob.ec/?page_id=171

Organización Panamericana de la Salud. (2005). *GUÍA PARA EL DISEÑO DE TANQUES
SÉPTICOS, TANQUES IMHOFF Y LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN*. Lima.
Obtenido de
[https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/OPS%202005.%20Gu%
C3%ADa%20para%20el%20dise%C3%B1o%20de%20tanques%20s%C3%A9ptic
os.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/OPS%202005.%20Gu%C3%ADa%20para%20el%20dise%C3%B1o%20de%20tanques%20s%C3%A9pticos.pdf)

Peña, M., Ducci, J., & Zamora, V. (Mayo de 2013). *Tratamiento de aguas residuales en
México* . Obtenido de
[https://publications.iadb.org/publications/spanish/viewer/Tratamiento-de-aguas-
residuales-en-M%C3%A9xico.pdf](https://publications.iadb.org/publications/spanish/viewer/Tratamiento-de-aguas-residuales-en-M%C3%A9xico.pdf)

Portero, M., & Amat, V. (19 de septiembre de 2017). *EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE BABAHOYO*.
Obtenido de [http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/9160/1/T-UCSG-PRE-
ING-IC-220.pdf](http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/9160/1/T-UCSG-PRE-ING-IC-220.pdf)

Rojas, R. (2002). “*Gestión integral de tratamiento de aguas residuales*. Obtenido de
[http://docplayer.es/11882686-Conferencia-sistemas-de-tratamiento-de-aguas-
residuales.html](http://docplayer.es/11882686-Conferencia-sistemas-de-tratamiento-de-aguas-residuales.html)

SPENA. (10 de diciembre de 2016). *PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES – PTAR*. Obtenido de <https://spenagroup.com/planta-tratamiento->

