

Evaluación del impacto ambiental en los sistemas de tratamiento de aguas residuales
domésticas en el corregimiento de Bitaco del municipio de La Cumbre – Valle del Cauca

Carmen Cilia Arias Núñez
Zulay Palma Garavito Carvajal

Proyecto aplicado
Presentado como requisito para optar el título
Ingeniera Ambiental

Director (a) de Proyecto
Liliana Rocío Beltrán

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD - CEAD Palmira

Escuela De Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente

Programa de Ingeniería Ambiental

Palmira, Valle del Cauca

04 de octubre de 2019

Nota de Aceptación

Aprobada en Fecha

Firma del presidente del Jurado

Firma del Orientador

RESUMEN

La vida depende del agua, elemento valioso, máxime cuando las actividades antrópicas generan presiones sobre su oferta y calidad, poniendo en riesgo la salud y equilibrio del planeta. Entre varias estrategias, el tratamiento holístico de los vertimientos domésticos es uno de los desafíos a los que se enfrentan hoy los centros poblados y la población rural dispersa.

El presente documento es el resultado del análisis de la evaluación del impacto ambiental generado por la instalación *in situ* de sistemas de tratamiento de aguas residuales de origen doméstico en el corregimiento de Bitaco, municipio de La Cumbre, Valle del Cauca, de acuerdo con la identificación de las actividades susceptibles de producir impacto, además de la determinación de los aspectos e impactos ambientales.

Para realizar la valoración se empleó el método Arboleda en todas sus fases: identificación de actividades generadoras de impactos ambientales, determinación de aspectos e impactos (diagnóstico) y valoración, las cuales permiten determinar de forma cuantitativa y descriptiva los impactos ambientales producidos por la instalación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales. A esto se añade el análisis de información de estudios de carácter ambiental y social del corregimiento de Bitaco.

Con lo anterior se evidencio que los sistemas de tratamiento de aguas residuales artesanales construidos por las familias generaban un 73% de impactos ambientales graves y relevantes. Con la instalación de los sistemas de tratamiento prefabricados compuestos de

trampa de grasas, tanque séptico, filtro anaeróbico, pozo de absorción o campo de infiltración; el método Arboleda permitió identificar que estos impactos redujeron a un 26%.

ABSTRACT

Life depends on water, the valuable element, the maximum time, anthropic activities, unimaginable pressures on the supply and quality of the vital liquid, the risk to health and the balance of the planet. Among many other strategies, the holistic treatment of animal discharges is one of the factors found in populated centers and dispersed rural population.

This document is the result of the analysis. The evaluation. The impact. Identification of the activities likely to produce an impact, in addition to the determination of environmental aspects and impacts.

Finally, to make the assessment of the above, the Simplified Arboleda method was used in all the phases: identification of the generating activities of the environmental effects, the determination of the environmental aspects and impacts and the valuation, the results of the quantitative form and descriptive Environmental effects and wastewater treatment systems. To this is added the analysis of the information of the environmental and social studies of the corregimiento of Bitaco.

With the above, it was evidenced that the existing solutions built by the families generated 73% of the serious and relevant environmental impacts, with the installation of prefabricated treatment systems composed of grease trap, septic tank, anaerobic filter, absorption well or infiltration field, the Arboleda method allows to identify that these impacts passed to 26%. The activities that produce the greatest impact are the adaptation of the land, the start-up of the system and the final disposal of the effluent.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	13
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
JUSTIFICACIÓN	20
OBJETIVOS	22
Objetivo general.....	22
Objetivos específicos	22
MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL	23
MARCO TEÓRICO	23
Aguas residuales.....	23
Aguas residuales domésticas.....	23
Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales.....	25
Tipos de tratamiento de aguas residuales	27
Tratamiento anaerobio	27
Tipos de reactores anaerobios.....	28
Tanque séptico.....	28
Tanque Imhoff.....	29
Reactor anaerobio de flujo ascendente y manto de lodos (UASB).....	29
Metodologías para la evaluación de impactos ambientales	31

Propósitos de la evaluación de impactos ambientales.....	31
Método de Leopold	32
Método de Battelle	32
Método de la superposición de mapas.....	33
Método EPM o método Arboleda	33
Método de Conesa simplificado.....	33
MARCO CONCEPTUAL.....	36
Coliformes Totales	36
Contaminación	36
Contaminación Ambiental	36
Tipos de Contaminación ambiental	37
Contaminación atmosférica.....	37
Contaminación de suelos,.....	37
Contaminación hídrica,	37
Demanda bioquímica de Oxígeno.....	38
Demanda química de Oxígeno (DQO)	38
Materia Orgánica	38
Vertimiento	39
Tipos de vertimientos.....	39
Vertimiento puntual.	39

Vertimiento no puntual.	39
MARCO LEGAL.....	41
METODOLOGÍA.....	47
Fase 1. Revisión documental:	47
Fase 2. Recolección de la información y caracterización del municipio	47
Fase 3. Organización de la información	48
Fase 4. Análisis de la información.....	48
Caracterización del área de estudio y línea de base ambiental.....	50
Ubicación Geográfica	50
Temperatura	51
Precipitación y Humedad Relativa - HR.....	52
Relieve	52
Zonificación climática	52
Suelos.....	52
Flora	53
Fauna.....	54
Descripción socioeconómica	54
RESULTADOS	58
Análisis descriptivo sobre los sistemas de tratamiento de aguas residuales implementados en el corregimiento de Bitaco.	58

Diagnostico a través de la metodología Arboleda, la línea de base ambiental y la información existente, del impacto ambiental antes de la implementación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en el corregimiento de Bitaco.	67
Evaluación mediante la metodología Arboleda el impacto ambiental después de la implementación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales prefabricados en el corregimiento de Bitaco.....	74
ANÁLISIS	85
CONCLUSIONES	93
REFERENCIAS	95

TABLAS

Tabla 1 aportes per cápita para aguas residuales domésticas	27
Tabla 2. Valoración de criterios – metodología Arboleda.....	35
Tabla 3. Calificación del impacto teniendo en cuenta el método Arboleda	35
Tabla 4. Normas concernientes al tema de vertimientos de aguas residuales de origen doméstico.....	41
Tabla 5. Visitas de campo en las distintas veredas de Bitaco, La Cumbre.....	59
Tabla 6. Matriz de aspectos ambientales del star de aguas de origen doméstico antes	68
Tabla 7. Matriz de identificación de impactos – metodología Arboleda antes de la instalación.....	70
Tabla 8. Matriz de aspectos ambientales del STAR de aguas de origen doméstico después de la instalación.	77
Tabla 9. Matriz de identificación de impactos – metodología Arboleda después de la instalación.....	79

FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Etapas ejecutadas en el tratamiento de aguas residuales domésticas.	30
Figura 2. Metodología para el desarrollo del proyecto.....	49
Figura 3. Plano Político corregimiento de Bitaco y viviendas referenciadas	51
Figura 4. Área de drenaje del Rio Bitaco	56
Figura 7. La figura ilustra la distribución por vereda de los STAR en el corregimiento de Bitaco.....	63
Figura 8. La figura ilustra los porcentajes de la manera en que se realiza la disposición de aguas residuales en el corregimiento de Bitaco	64
Figura 9. La figura ilustra los porcentajes de la manera en que se realiza la disposición de aguas grises en el corregimiento de Bitaco.....	64
Figura 10. La figura ilustra Drenaje de los vertimientos en el corregimiento de Bitaco.....	66
Figura 11. La figura ilustra el proceso que se lleva a cabo para implementar los STAR.....	67
Figura 12. La figura ilustra la calificación del método Arboleda antes de la instalación de los STAR	69
Figura 13. La figura ilustra la distribución por veredas de los sistemas instalados en el corregimiento de Bitaco.....	74
Figura 14. La figura ilustra la distribución por veredas de las trampas de grasas instaladas en el corregimiento de Bitaco	75
Figura 15. La figura ilustra los procesos ejecutados en los STAR con sus respectivas entradas y salidas	76
Figura 16. La figura ilustra la calificación utilizada para los impactos después de la implementación del STAR, teniendo en cuenta la metodología Arboleda.....	78

Figura 17. La figura ilustra el territorio del corregimiento de Bitaco con la cuenca hídrica del Río Bitaco a su vez la disminución de la cantidad de vertimientos después de la instalación de los STAR prefabricados	83
Figura 18. La figura ilustra los sistemas de tratamiento de aguas residuales que se han implementado en el corregimiento de Bitaco	84
Figura 19. La figura ilustra las actividades de mayor impacto ambiental antes de la instalación de los STAR	85
Figura 20. La figura ilustra las actividades que reflejan un mayor impacto ambiental antes de instalar los STAR.....	86
Figura 21. La figura ilustra las actividades que reflejan un mayor impacto ambiental después de instalar los STAR	87
Figura 22. La figura muestra la variación de los impactos antes y después de la instalación de los STAR.....	89

INTRODUCCIÓN

El planeta tierra está cubierto en su mayor parte por agua, de la cual el 96.5% es agua salada concentrada en los océanos con aproximadamente 1.338.000.000 km³, el 3.5% es agua dulce concentrada en lagos, ríos, atmósfera, aguas subterráneas y glaciares representando 35.029.110 km³ (Sierra, 2011).

El agua es un elemento vital que permite la vida en el planeta, el uso de agua dulce principalmente para las actividades industriales, agrícolas, comerciales, generación de energía, de recreación y domésticas que se realizan diariamente producen cambios en su calidad y pureza, debido a la adición de productos como jabones, aceites, medicamentos, heces, químicos entre otros, lo que sugiere debe realizarse un tratamiento antes de ser nuevamente empleada o de permitir su regreso al ciclo hidrológico (Organización de las Naciones Unidas para la educación y la cultura [UNESCO], 2017).

La contaminación hídrica plantea un desafío para las generaciones actuales y futuras a saber que se deberán desarrollar estrategias de manejo, tratamiento y protección del preciado líquido; las aguas continentales superficiales son las que reciben el mayor impacto antrópico, sin embargo, los océanos son los receptores. Los problemas desencadenados por la contaminación del agua son muy diversos, en los que encontramos la transmisión de enfermedades, destrucción de la biodiversidad acuática, transformación de ecosistemas, generación de olores ofensivos, deterioro paisajístico de los territorios, entre otros. (UNESCO, 2017).

Las aguas residuales – AR de origen doméstico provienen de las actividades relacionadas a la preparación de alimentos, aseo e higiene de las personas y viviendas. En la actualidad para su tratamiento en centros poblados y ciudades se han diseñado plantas de tratamiento en las cuales se colectan estas aguas mediante los alcantarillados que funcionan por gravedad, en el caso de las zonas rurales donde las viviendas se ubican en el territorio de forma distante o atomizada se han diseñado sistemas de tratamiento *in situ* los cuales permiten coleccionar y tratar de forma individual las aguas de cada vivienda.

En cuanto a los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas que se están utilizando en el corregimiento de Bitaco, y los cuales son base fundamental para el desarrollo del presente proyecto, se encuentran conformados por un pretratamiento realizado por la trampa de grasas, un tratamiento con tanque séptico, el post tratamiento con filtro anaeróbico y la disposición final con pozo de absorción.

El corregimiento de Bitaco hace parte del municipio de La Cumbre, Valle del Cauca - Colombia, lo componen siete veredas, conocidas como Chicoral, Chicoralito, Rincón Santo, Zaragoza, Santafé, el Diamante, el Retiro y un centro poblado nombrado Bitaco. En las veredas del corregimiento de Bitaco se puede apreciar, gracias a su ubicación altitudinal el bosque húmedo premontano y el bosque muy húmedo premontano, hábitat de unas 772 especies de flora, y en cuanto a su fauna se registran 28 especies de anfibios, 23 especies de reptiles y 285 especies de aves, (CVC, 2006).

Su biodiversidad proporciona grandes servicios ecosistémicos (de abastecimiento, cultural, regulación y de apoyo), ya que los bosques brindan fuentes hídricas limpias,

suministran variedad de alimento; además las aves y otros animales dispersan semillas contribuyendo a la regulación ecosistémica de la flora, y sus excrementos contribuyen a la fertilidad de los suelos, debido a que poseen nutrientes.

En el presente documento se abordó la evaluación del impacto ambiental que se genera con la instalación de sistemas de tratamiento de aguas residuales en contraste con la disposición que venían realizando las 144 familias estudiadas, la cual consistía en un hueco en tierra o a campo abierto en el corregimiento de Bitaco, lo cual se logró a través de la implementación de la metodología Arboleda realizando una comparación entre el impacto del antes y después de la instalación del sistema prefabricado.

El trabajo se organizó de la siguiente manera: primero, se abordó el tema teniendo en cuenta la problemática que se da por el manejo inadecuado de las aguas residuales en el ámbito internacional, nacional y regional finalizando en la localidad de Bitaco, La Cumbre. Segundo, se expusieron las razones de la importancia social, ambiental y económicas de dar un adecuado tratamiento de las aguas residuales domésticas. Tercero, se plantearon los objetivos y la metodología del estudio de caso, así como el desarrollo, el análisis, resultados y conclusiones de la evaluación del impacto ambiental de la instalación de los sistemas prefabricados para el tratamiento de las AR.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El agua es indispensable para el establecimiento de la vida en el planeta, está presente en múltiples actividades antrópicas; desde los niveles de producción, comercialización y esparcimiento hasta la incidencia en la calidad de vida de los seres humanos. La demanda y uso de este recurso ha ocasionado situaciones de escasez y contaminación, haciéndose perentoria la creación de estrategias de orden mundial que den respuesta a las necesidades de un manejo holístico del agua. Conviene subrayar, como se menciona en el Informe Mundial sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos lo siguiente:

En un mundo donde la demanda de agua dulce está en constante aumento y los escasos recursos hídricos se ven cada vez más exigidos por la captación excesiva, la contaminación y el cambio climático (...) se destaca cuán imperiosa es la necesidad de mejorar la gestión de aguas residuales en post de nuestro porvenir común (UNESCO, 2017, p. 5).

En ese sentido, se resalta la importancia de la implementación del saneamiento básico y el tratamiento de las aguas residuales a nivel mundial. En el Informe de Presentación de la Iniciativa de UN-Water para el Monitoreo Integrado del Objetivo de Desarrollo Sostenible 6 (2018) se dio a conocer que:

El 71% de las aguas residuales domésticas se desecha a través de un sistema de alcantarillado; el 9% se capta en instalaciones in situ y el 20% restante no se recoge, el 59% de las aguas residuales domésticas se recoge y se trata de manera adecuada y

el 41% que no se trata entraña riesgos para el medio ambiente y la salud pública (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2018, p.8).

Entre los datos brindados por la UNESCO (2017) se observa que los países desarrollados tratan el 70% de sus aguas residuales; quienes tienen ingresos medios altos, realizan el tratamiento del 38%; los medios bajos, el 28% y los bajos solo el 8%, soportándose así que en el mundo se lleva a cabo el vertimiento de aguas residuales sin un previo tratamiento en más de un 80%.

En el caso de América Latina se trata el 20% en comparación el resto del mundo y en Colombia el panorama no es diferente, menos del 25% de las aguas residuales de los hogares cuentan con un tratamiento adecuado (UN- Water, 2018). Colombia se ha comprometido con la implementación de estrategias para cumplir los objetivos de desarrollo sostenible, siendo el Objetivo de Desarrollo Sostenible - ODS número 6 importante en la problemática del proyecto.

Para lograr el objetivo 6 -Agua limpia y saneamiento, Colombia ha realizado proyectos de acueducto y alcantarillado, incluyendo el tratamiento de las aguas residuales. En cuanto al tratamiento de las aguas residuales, en el año 2016, se realizó un incremento de 14,7 %, logrando un 42,2% teniendo como punto de comparación el año 2010, cuando se determinó un 27,5% (DPN, s.f.).

El cumplimiento del objetivo 6 en el departamento del Valle del Cauca para el año 2017 fue de 93,4% de acceso a métodos idóneos de saneamiento (DNP, s, f)

En Bitaco las aguas residuales domésticas desde la colonización (siglo XX) han sido vertidas a pozos húmedos, campo abierto o a fuentes hídricas de forma directa, generando olores ofensivos por descomposición de residuos sólidos y líquidos provenientes de las heces, lo cual genera contaminación del suelo y fuentes hídricas, ya que, al ser depositadas en cuerpos o masas de agua, se diluyen y son transportadas aguas abajo o hacia acuíferos donde pueden afectar su calidad. (UNESCO, 2017), posibilitando la generación de problemas en la salud humana.

“El mayor riesgo a la salud pública debido a los microbios del agua se relaciona con el consumo de agua de consumo humano contaminada con heces humanas o de animales, aunque puede haber otras fuentes y vías de exposición significativas” (Organización Mundial de la Salud, [OMS], s.f.). Aunado a las afectaciones al ecosistema está la eutroficación.

En Bitaco, el acceso a redes de alcantarillado es complejo y costoso por las distancias entre cada predio (entre 0.3 y más de 2 km). En ese sentido, se han empleado sistemas de recolección y tratamiento *in situ*, los vertimientos se acumulan en una letrina o fosa séptica, pozo de absorción o tanque séptico. El pozo de absorción hace parte del tratamiento complementario del efluente del sistema *in situ* posterior a la trampa de grasas, tanque séptico y filtro anaeróbico (Resolución No. 0330, 2017). Una opción muy utilizada porque son los propios usuarios quienes los construyen.

La opción, consiste en un hueco en la tierra de una profundidad de entre dos y tres metros; puede estar tapado con una lata de zinc, madera con vegetación o loza de concreto,

o encontrarse completamente abierto, expuesto al ingreso de aguas lluvias por escorrentía, aumentando el nivel de estos y, a la vez, generando un peligro a la familia por el riesgo fitosanitario que implica o la caída al hueco.

JUSTIFICACIÓN

Como resultado de las actividades antrópicas, se forman contaminantes que afectan el entorno, y un claro ejemplo se presenta en las actividades del hogar, en donde se generan vertimientos de aguas residuales, los cuales al no tener un adecuado tratamiento pueden contaminar el suelo, las fuentes hídricas, además de generar olores ofensivos y vectores, por ende, propiciar un detrimento de la calidad de vida (UNESCO, 2017).

Así mismo se puede observar que en áreas rurales el manejo de aguas residuales suele ser complejo, cifras de la encuesta de calidad de vida realizada por del DANE menciona que la cobertura de alcantarillado para la zona rural dispersa en el año 2017 fue de 24% (Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE], 2017) debido a que no se pueden implementar dichos sistemas por las extensas distancias entre predios.

La situación mencionada es un claro ejemplo de lo que se presenta en el corregimiento de Bitaco, donde las viviendas se encuentran entre 0.3 y más de 2 km una de la otra; esto implica que las soluciones al manejo de las aguas residuales que adoptan algunas personas sean verterlas directamente en zonas superficiales, fuentes hídricas y en el suelo, lo que ocasiona impactos ambientales negativos hacia los ecosistemas y problemáticas en la salud.

Para la zona rural o población dispersa por las distancias y topografía, la implementación de sistemas de tratamiento de aguas residuales - STAR se hace muy costosa siendo la relación costo – beneficio poco viable, por lo anterior se han diseñado

sistemas basados en la disposición *in situ* de las aguas residuales como son las letrinas y tanques, pozos sépticos y los campos de riego (MINVIVIENDA, 2016).

La evaluación del impacto ambiental a través de la matriz Arboleda para la instalación de STAR domésticas, permitió determinar el aporte a la disminución de la contaminación de fuentes hídricas, el suelo y los efectos sobre los seres vivos. Además, se beneficia a la comunidad ya que será un modelo de manejo ambiental y en lo académico el proyecto actúa como base a nuevos estudios donde se comparen los beneficios de los STAR prefabricados.

En Bitaco la comunidad utiliza principalmente aguas superficiales continentales para el desarrollo de sus actividades, por lo que el tratamiento biológico realizado en los campos y pozos de infiltración aporta a que las aguas que llegan a los acuíferos o zonas de regulación hídrica sean de mejor calidad, cabe resaltar que el municipio presenta alerta roja por escases de agua en periodos de verano, y de acuerdo con el análisis de vulnerabilidad se registrarán cambios en la temperatura promedio del municipio. Las temperaturas oscilan entre 2.36 °C – 2.39 °C y aumentarán en los años 2040 y 2069 para este municipio puntualmente [CORFOPAL]. 2017). Así mismo se observará una afectación en el balance hídrico de la zona, donde se tiene proyectado un valor promedio de 97 mm (Corporación Ambiental y Forestal del Pacífico [CORFOPAL]. 2017).

Finalmente, se puede resaltar que el análisis de los impactos ambientales generados en el tratamiento de las aguas residuales toma relevancia, ya que ilustra el panorama de los beneficios ambientales y sociales que tiene el manejo de estas.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar los impactos ambientales de los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas en el corregimiento de Bitaco, municipio de La Cumbre, Valle del Cauca.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un análisis descriptivo sobre los sistemas de tratamiento de aguas residuales implementados en el corregimiento de Bitaco.
- Diagnosticar a través de la metodología Arboleda, la línea de base ambiental y la información existente, los impactos ambientales generados antes de la implementación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en el corregimiento de Bitaco.
- Evaluar mediante la metodología Arboleda el impacto ambiental después de la implementación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales prefabricados en el corregimiento de Bitaco, La Cumbre.

MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

MARCO TEÓRICO

Aguas residuales

El Reglamento técnico del sector agua potable y saneamiento básico - RAS anota que las aguas residuales son todas aquellas que contienen material disuelto o en suspensión después de ser usadas, y las aguas servidas son todas las que provienen de secciones de una vivienda como la ducha, el lavaplatos, lavamanos, lavadero e inodoros (Reglamento técnico del sector agua potable y saneamiento básico - RAS [2000]).

Aguas residuales domésticas

Es importante tener en cuenta que las Aguas Residuales Domésticas - ARD se definen como aquellas aguas que proceden de los hogares, instalaciones donde se ejecutan actividades industriales, comerciales o de servicios, las cuales pertenecen a descargas de retretes, servicios sanitarios y aquellas descargas de los sistemas de aseo personal, áreas de lavado de cocina, lavado de elementos de aseo, paredes, pisos (Resolución N° 0631, 2015).

De lo anterior se desprende que los esfuerzos científicos, técnicos y humanos focalicen el cuidado y protección del recurso hídrico a saber de la importancia que tiene:

Es un ambiente de vida con propiedades únicas. Sin agua, las células no podrían intercambiar información. Sin agua no podrían funcionar los grandes ciclos de regulación del ecosistema. Esencial en los orígenes de la vida, también lo es en el

seno mismo de los organismos vivos y sus interacciones (Camdessus, Badré, Chéret y Buchot, 2006 pp. 38 - 39).

Las aguas residuales domésticas han generado problemáticas al no ser tratadas y es esa una de las razones por la cual gobiernos de diversos países al rededor del mundo como México, Jamaica, Costa Rica, Chile, Brasil, Las Bahamas, Colombia, entre otros, se han comprometido con las metas de la agenda 2030 para el desarrollo sostenible y los ODS. En el presente documento trata puntualmente sobre el Objetivo 6, el cual hace referencia a garantizar el acceso y la gestión sustentable del recurso agua y su saneamiento.

Es importante tener en cuenta que en lugares como África Subsahariana donde se tiene un poco más de 1.000 millones de habitantes, el acceso al agua potable presenta complicaciones para unos 319 millones de personas que no cuentan con el recurso, y si se habla sobre el saneamiento básico las cifras siguen siendo alarmantes al observar que aproximadamente 695 millones de habitantes carecen de dicho servicio (Organización de las Naciones Unidas para la educación, la ciencia y la cultura [UNESCO], 2017).

Así mismo se puede observar que en países del continente Asiático y del Pacífico como, por ejemplo, Vietnam, República Democrática Popular Lao Vanuatu, Camboya, Timor-Leste, Afganistán, Tayikistán, Bangladesh, Islas Marshall, Nepal, Papúa Nueva Guinea el panorama no es diferente, ya que las aguas residuales sin algún tipo de tratamiento alcanzan entre el 80 y 90% (UNESCO, 2017).

En cuanto a América del Norte y Europa, se tiene un avance sobre el tratamiento de aguas residuales que data de entre los años 1980 a 2012. Algunas problemáticas que se presentaban era eliminar adecuadamente las aguas residuales contaminantes emergentes, la ampliación de la cobertura de tratamiento de aguas residuales, la contaminación generada por los vertimientos y el cumplimiento de las normas aplicables. Todas esas problemáticas han exhibido una mejora debido a que fueron implementadas tecnologías, técnicas e infraestructuras más acordes para el tratamiento de las aguas residuales, así como la adaptación de las normas pertinentes al tema (UNESCO, 2017).

Ahora bien, en Colombia las aguas residuales según información suministrada por el Viceministro de Agua Potable y Saneamiento Básico Jorge Carrillo presentan avances sin ser suficientes, pasando de 37% a 42% en el año 2017, cuando lo que se requería para cumplir con la meta establecida en el Plan Nacional de Desarrollo era de 41% (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia [MVCT], 2017).

Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales

Las actividades humanas generan múltiples impactos en el ambiente natural, desde el uso de bienes y servicios ambientales que provienen de los diferentes ecosistemas presentes en el planeta tales son el oxígeno, el agua, el suelo como soporte de todas las actividades, la biodiversidad entre otros.

En el caso puntual del recurso hídrico en una vivienda, el agua es usada para la preparación de alimentos y lavado de implementos utilizados, rutinas de limpieza y aseo personal y locativo y en el servicio sanitario, es así como se usa para el consumo, pero

inherente a estas actividades también se generan vertimientos los cuales deben ser tratados para retirar las cargas contaminantes de las mismas, para esta labor se han diseñado diferentes soluciones colectivas las cuales acopian los vertimientos y son llevados a través de redes de alcantarillado a una planta de tratamiento de aguas residuales – PTAR. (Lazcano, 2016).

Las soluciones anteriores son implementadas en áreas urbanas o centros poblados donde las viviendas espacialmente se encuentran cercanas o juntas entre ellas, en el caso de la zona rural donde las viviendas están atomizadas en el territorio se han diseñado sistemas unitarios con unidades modulares que bien pueden ser prefabricados o construidos en materiales como concreto.

Atendiendo los parámetros señalados en la normativa Nacional, en este caso el Reglamento para el Sector Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS orienta mediciones en la caracterización de los vertimientos en los aspectos de oxígeno disuelto, temperatura, pH, demanda bioquímica de oxígeno - DBO5 (DBO total y DBO soluble), sólidos suspendidos – SS (disueltos y sedimentables), demanda química de oxígeno (DQO) soluble y total (RAS 2000).

Las aguas de origen doméstico según el RAS 2000 presentan la siguiente caracterización (Ver Tabla 1).

Tabla 1 Aportes per cápita para aguas residuales domésticas

Aportes per cápita para aguas residuales domésticas		
Parámetros	Intervalo	Valor sugerido
DBO 5 días, 20°C, g/hab./día	25-80	50
Sólidos en suspensión, g/hab./día	30-100	50
NH3-N como N, g/hab./día	7,4- 11	8,4
Coliformes totales, #/hab./día	$2 \times 10^3 - 2 \times 10^{11}$	2×10^{11}
Salmonella Sp., #/hab./día		1×10^{11}
Nematodos intes., #/hab./día		4×10^{11}

Fuente: RAS 2000

Tipos de tratamiento de aguas residuales

Tratamiento anaerobio

El tratamiento anaerobio es un proceso en el cual un grupo de bacterias en ausencia del oxígeno convierten la materia orgánica en una mezcla de gases como lo son el CO₂ y el CH₄. (Vivanco, Yaya y Chamy, s, f).

El tratamiento anaerobio se lleva a cabo en reactores, los cuales estarán cerrados, sin que exista la presencia de oxígeno. Es ahí donde los microorganismos desarrollarán la digestión anaerobia hasta lograr transformar la materia orgánica en metano y dióxido de carbono (Lazcano, 2016).

Tipos de reactores anaerobios

Tanque séptico

El reactor es utilizado para tratar las aguas residuales domésticas, principalmente en zonas donde no se cuenta con un sistema de alcantarillado, o donde por las extensas distancias resultaría muy costosa una instalación al sistema de alcantarillado. Generalmente se observa un mayor uso de tanques sépticos en la zona rural.

A través del desagüe se dirigen los desechos provenientes de la cocina, la ducha e incluso de las letrinas con arrastre hidráulico hasta el tanque séptico, en donde se lleva a cabo el tratamiento parcial, y entre los tres días siguientes el líquido proveniente del tanque pasa a ser eliminado, ya sea en pozos de percolación, zanjas de infiltración o al suelo. (Lazcano, 2016).

Algunas ventajas del uso de tanques sépticos es su uso en la comunidad rural, centros hospitalarios, condominios, la disminución en la frecuencia de limpieza, el bajo costo que se requiere para su construcción y operación, su facilidad tanto en la operación, como en el mantenimiento cuando se posea una infraestructura para remoción de lodos. (Lazcano, 2016).

En cuanto a las desventajas del uso de tanques sépticos se observa que su uso se limita a un aproximado de 350 habitantes, igualmente se encuentra limitada a la capacidad que posea el terreno para la infiltración, la cual permite disponer correctamente los efluentes en el suelo, y además para facilitar la remoción de lodos es necesario contar con maquinarias como camiones con bombas de vacío, entre otros. (Lazcano, 2016).

Tanque Imhoff

En el tanque Imhoff se lleva a cabo la remoción de los sólidos suspendidos y se encuentra conformado por una cámara de sedimentación, una cámara para la digestión de los lodos, un área de acumulación de natas y otra área dedicada a la ventilación. El sistema está diseñado para un máximo de 5000 personas. (Lazcano, 2016).

Entre las ventajas que tiene su implementación se pueden resaltar que el proceso de digestión de los lodos es mejor que el realizado en un tanque séptico y los bajos costos para su implementación, otra ventaja es que generalmente no se lleva a cabo una descarga de los lodos en el líquido efluente y la evacuación de los lodos no presenta complejidad debido a que los lodos se secan. (Lazcano, 2016).

Reactor anaerobio de flujo ascendente y manto de lodos (UASB).

Es uno de los reactores más utilizados entre las opciones de tratamiento anaerobio para áreas tropicales y subtropicales. Entre sus principales características se pueden observar las siguientes.

La característica de mayor importancia en estos reactores es la separación del reactor en una parte baja, llamada zona de digestión, y una parte alta denominada zona de sedimentación. El desagüe ingresa por la parte inferior del digestor, pasa a través del manto de lodos e ingresa a la zona de sedimentación. El biogás se produce en la zona de digestión y es capturado por el separador de tal forma que puede asentarse en la zona superior. Se coloca una cámara de gas para la separación del biogás y las partículas de lodo.

El manto de lodos representa la zona de mayor importancia debido a que allí se realizan las reacciones bioquímicas de la fermentación anaeróbica.

En la zona de sedimentación, algunas partículas regresan a la zona de digestión, sin embargo, el sistema mantiene una buena cantidad de biomasa en el reactor mientras el efluente, libre de sólidos, se descarga al exterior (Lazcano, 2016, p. 388).

A continuación, se presenta el esquema que se asemeja a los sistemas prefabricados de tratamiento de aguas residuales domésticas que se han adoptado en el corregimiento de Bitaco, La Cumbre (Ver Figura 1).

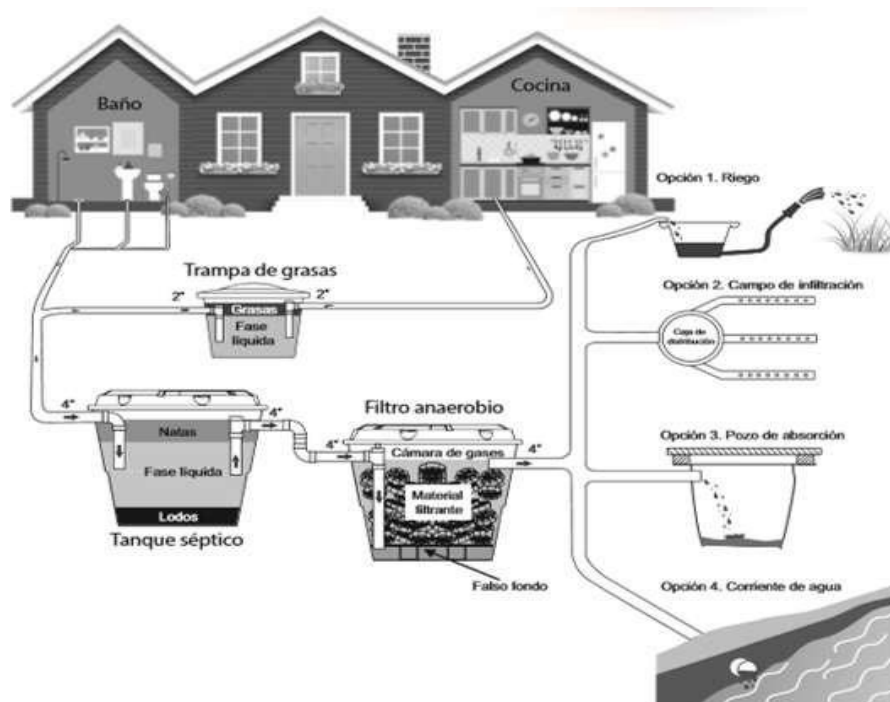


Figura 1. Etapas ejecutadas en el tratamiento de aguas residuales domésticas. Fuente: Roto plast

El sistema de tratamiento de aguas residuales - STAR que se instaló está compuesto por una trampa de grasas con capacidad de 105 litros, un tanque séptico y filtro anaeróbico con capacidad de 1000 litros cada uno, este último lleva unas rosetas plásticas como

material filtrante aproximadamente 350 unidades, las conducciones de las aguas jabonosas (ducha, lavamanos, lavaplatos y lavadero), se conducen en tubería sanitaria pvc de 2 pulgadas de diámetro y la conducción del inodoro se hace en tubería pvc sanitaria de 4 pulgadas, el efluente según la viabilidad técnica puede conducirse a riego, campo de infiltración, pozo de absorción o fuente hídrica después del tratamiento.

Metodologías para la evaluación de impactos ambientales

Propósitos de la evaluación de impactos ambientales.

La evaluación de impacto ambiental - EIA, Arboleda, (2008), tiene como uno de sus propósitos predecir y evaluar los cambios que se pueden presentar por las acciones antrópicas en un territorio, se establecen los componentes y factores susceptibles de ser modificados haciendo uso de estos elementos, identificando y evaluando los impactos ambientales, el EIA también pretende elaborar un escenario del estado futuro del entorno ambiental con el proyecto u obra ejecutado, colocando de presente las transformaciones y su nivel de cambio.

Es, por lo tanto, un ejercicio predictivo, con numerosas limitaciones pues se trata de predecir el comportamiento futuro de un sistema cuyas relaciones inter e intraespecíficas muchas veces no son completamente conocidas, lo que genera entonces un nivel de incertidumbre que debe ser reconocido. El reto de los evaluadores es entonces tratar de minimizar esa incertidumbre con la selección y uso de una buena metodología y la aplicación de un procedimiento sistemático y

ordenado que reduzca también el grado de subjetividad que tiene este instrumento Arboleda, 2008, p. 64).

Método de Leopold

Existen diferentes métodos para la EIA entre los más usados se encuentra el método de Leopold. Arboleda, (2008) afirma que “Es un método indirecto porque lo que realmente se califica son las interacciones entre el proyecto y el ambiente, sin darle ningún nombre al impacto que se presenta en esa interacción” (p. 82).

Método de Battelle

El Método de Battelle que es usado principalmente para proyectos hidráulicos, se basa en el uso de cuatro grandes parámetros: el primero es nombrado como parámetros ambientales, el segundo es la ponderación sobre los parámetros y la obtención del denominado Índice Ponderal, el tercer parámetro es el de la expresión de los factores ambientales que se tratan en unidades conmensurables (CA), y por último se tiene el parámetro denominado como la expresión de los factores ambientales, las cuales son tratadas en unidades conmensurables ponderadas (Unidades de Importancia Ambiental - UIA). (Arboleda, 2008).

Método de la superposición de mapas.

Arboleda (2008) afirma “Consiste en la utilización de una serie de mapas donde están levantados algunos de los componentes ambientales (hidrología, suelos, geología, topografía, asentamientos humanos, etc.), (p.95).

Método EPM o método Arboleda.

Fue desarrollado por la Unidad Planeación Recursos Naturales de las Empresas Públicas de Medellín en el año 1986, con el propósito de evaluar proyectos de aprovechamiento hidráulico de la empresa, pero posteriormente se utilizó para evaluar todo tipo de proyectos de EPM y ha sido utilizado por otros evaluadores para muchos tipos de proyectos con resultados favorables. Ha sido aprobado por las autoridades ambientales colombianas y por entidades internacionales como el Banco Mundial y el BID (Arboleda, 2008, pp.95 - 96).

Método de Conesa simplificado.

Fue creado por el ingeniero Vicente Conesa. Arboleda (2008) “Su utilización es bastante compleja y es por eso que algunos expertos en EIA han hecho una simplificación de su método utilizando los criterios y el algoritmo del método original” (p. 100).

El análisis de impacto ambiental en la comunidad de Bitaco está estrechamente relacionado con la calidad de vida de sus habitantes, el entorno natural en el que se desenvuelven que brinda la posibilidad de generar estrategias de vida sostenible, el manejo

holístico del recurso hídrico ostenta uno de los grandes pilares de la vida por ende el cuidado de la calidad y oferta hace parte del trabajo comprometido de cada uno de los usuarios así como la responsabilidad en el manejo del tratamiento y disposición de las aguas usadas como la remoción de las cargas contaminantes. Por las características geográficas y topográficas, además, de la distribución en el espacio de las viviendas la instalación de sistemas *in situ* generan una alternativa económica más viable que colectores y redes de alcantarillado, cumpliendo con las normativas ambientales exigidas.

Uno de los principales beneficios que ofrece la investigación es la ampliación del conocimiento en la valoración de los impactos ambientales por la instalación de sistemas de tratamiento de aguas residuales prefabricados (trampa de grasas, tanque séptico, filtro anaeróbico y pozo de infiltración) como una solución viable al manejo de los vertimientos de aguas servidas en un territorio rural. De igual forma se valoran las actividades que generan mayor presión al ambiente por la instalación y se contemplan las acciones para la mitigación de estas.

El reto de la investigación es validar desde el área ambiental la pertinencia de los sistemas de tratamiento *in situ* de aguas residuales de origen doméstico, determinando la disminución de los impactos negativos, y cómo estos sustentan la ampliación de conocimiento de los ingenieros ambientales, además de la generación de conciencia de los habitantes en su aporte a la minimización de los impactos que se generan por las acciones antrópicas.

A continuación, se presenta la valoración de los criterios y la calificación que se utiliza en la metodología Arboleda para evaluar los impactos ambientales (Ver Tabla 2 y 3).

Tabla 2. Valoración de Criterios – Metodología Arboleda

Criterio	Rango	Valor
Clase (C)	Positivo	+
	Negativo	-
Presencia (P)	Cierta	4
	Probable	2
Duración (D)	Permanente	12
	Larga: > De 10 Años	8
	Media: > De 2 Años	4
	Corta: > De 6 Meses	2
Evolución (Ev)	Muy Corta: < De 6 Meses	1
	Rápida: Si Es < De 12 Meses	4
	Media: Si Es < De 36 Meses	2
	Lenta: Si Es > De 36 Meses	1
Magnitud (M)	Destrucción Total	12
	Perturbación Alta (Radical)	8
	Perturbación Media (Evidente)	4
	Perturbación Baja (Parcial)	1

Fuente: (Arboleda, 2008).

Tabla 3. Calificación del Impacto teniendo en cuenta el método Arboleda

Calificación de Impacto	
Calificación Ambiental	Importancia del Impacto Ambiental
≤ 2.5	Poco significativo o irrelevante
>2.5 y ≤ 5.0	Moderado
> 5.0 y ≤ 7.5	Significativo
> 7.5	Muy Significativo

Fuente: (Arboleda, 2008).

MARCO CONCEPTUAL

Coliformes Totales

Se define como:

Bacterias Gram Negativas en forma bacilar que fermentan la lactosa a temperatura de 35 a 37°C, produciendo ácido y gas (CO₂) en un plazo de 24 a 48 horas. Se clasifican como aerobias o anaerobias facultativas, son oxidasa negativa, no forman esporas y presentan actividad enzimática de la β galactosidasa. Es un indicador de contaminación microbiológica del agua para consumo humano” (Resolución N° 2115, 2007, p. 1).

Contaminación

La contaminación es la alteración física, química o biológica que se presenta cuando una partícula, sustancia o elemento entra a un ambiente (agua, suelo, aire) al cual no pertenece y en cantidades que el ambiente no puede asimilar, causando cambios significativos reversibles o irreversibles que perjudican el normal funcionamiento de éste. (Ministerio de salud y protección social, 2014).

Contaminación Ambiental

La contaminación ambiental está definida como la presencia de sustancias o contaminantes, ya sean físicos, químicos o biológicos en el medio ambiente o sustrato a los cuales no pertenece, y se encuentran en niveles superiores a los que normalmente pueda

asimilar el medio, ocasionando alteraciones en la salud de las personas y en los ecosistemas (Ministerio de Ambiente de Perú, 2016).

Tipos de Contaminación ambiental

Contaminación atmosférica, en donde contaminantes como los NO_x, SO_x, Material Particulado entran en contacto con el medio, alterando la calidad del aire y los ciclos naturales que esté desarrolla como la protección contra los rayos ultravioleta. (Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, 2010).

Contaminación de suelos, se genera cuando sustancias como fertilizantes, aditivos, pesticidas, metales pesados, utilizadas en actividades como la agricultura y la minería llegan a la superficie del suelo, alterando así sus propiedades (físicas, químicas, biológicas). Cuando las sustancias contaminantes entran en el suelo generan una pérdida en la amortiguación del suelo frente a dichas sustancias y se pierde esa capacidad protectora, dando origen o contribuyendo a problemáticas ambientales para el recurso hídrico, la atmósfera, diversos organismos, entre otros. (Crosara, s, f).

Contaminación hídrica, en donde contaminantes o sustancias químicas como pesticidas, fertilizantes, productos farmacéuticos, llegan a las fuentes hídricas (ríos, manantiales, pozos, mares, quebradas o directamente al suelo) alterando sus propiedades físicas, químicas y/o biológicas. Un ejemplo de los efectos que se presentan en fuentes hídricas es la eutrofización que altera su calidad por los altos niveles de nutrientes ricos en

fosfatos y nitratos que se producen por los vertimientos agrícolas, ganaderos. (Echarri, 1998).

Demanda bioquímica de Oxígeno (DBO).

Es una medida indirecta de la carga orgánica biodegradable que existe en una muestra de agua y se obtiene incubando una muestra o fracción de esta a 20°C durante cinco días (DBO₅) o más de 20 días (DBO_U), a la cual se mide el oxígeno disuelto - OD inicial y el final; la diferencia entre ambos es la DBO (Lazcano, 2016, p. 451).

Demanda química de Oxígeno (DQO).

Está definida como la cantidad de Oxígeno que requiere el Carbono Orgánico para ser oxidado totalmente a CO₂, H₂O y NH₄⁺ (Lazcano, 2016).

Materia Orgánica.

La materia orgánica es un indicador químico de la calidad del agua. Cuando se descompone se observa que el oxígeno disuelto (OD) disminuye, ocasionando la eutrofización, alterando la calidad del agua y generando un desequilibrio en el ecosistema acuático.

“La materia orgánica está compuesta en un 90% por carbohidratos, proteínas, grasas y aceites provenientes de excrementos y orina de seres humanos, restos de alimentos y

detergentes” (Canales y Sevilla, 2016, p. 21). Son indicadores de materia orgánica biodegradable la demanda bioquímica de Oxígeno (DBO) y la demanda química de Oxígeno (DQO).

Vertimiento

Un vertimiento está definido como la “descarga final a un cuerpo de agua, a un alcantarillado o al suelo, de elementos, sustancias o compuestos contenidos en un medio líquido” (Decreto N° 3930, 2010).

Aguas servidas. Son aquellos “Residuos líquidos provenientes del uso doméstico, comercial e industrial”. (Decreto N° 3930, 2010).

Tipos de vertimientos

Vertimiento puntual.

Un vertimiento no puntual está definido como “El que se realiza a partir de un medio de conducción, del cual se puede precisar el punto exacto de descarga al cuerpo de agua, al alcantarillado o al suelo” (Decreto N° 3930, 2010).

Vertimiento no puntual.

El vertimiento no puntual hace referencia a “Aquel en el cual no se puede precisar el punto exacto de descarga al cuerpo de agua o al suelo, tal es el caso de vertimientos

provenientes de escorrentía, aplicación de agroquímicos u otros similares” (Decreto N° 3930, 2010).

MARCO LEGAL

En Colombia se puede observar a través de diversas normas el compromiso del estado colombiano con la protección del medio ambiente y el bienestar de sus habitantes, buscando mantener así un equilibrio entre las actividades que desarrollan las personas naturales y/o jurídicas con el entorno. A continuación, se presentan las normas concernientes al tema de vertimientos de aguas residuales de origen doméstico, además derechos y obligaciones para el goce del medio ambiente (Ver Tabla 4).

Tabla 4. Normas concernientes al tema de vertimientos de aguas residuales de origen doméstico

Normativa y convenios internacionales en los cuales Colombia se ha suscrito y ratificado	
Convenio RAMSAR 1971	Con el convenio se busca conservar los humedales y realizar un uso adecuado de los mismos. Se ratifica en Colombia en 1998 (Secretaría de la convención de RAMSAR, 2013).
Declaración de Río 1992	Como objetivo la declaración de Río busca lograr una alianza mundial y concertar acuerdos internacionales donde se respeten los intereses y donde se logre la protección ambiental. (UNESCO, 1992). Se ratifica en Colombia en 1994
Directiva 2000/60/CE	En la cual se lleva a cabo el marco comunitario sobre la política de aguas (Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea, 2000).

Directiva 2006/11/CE	Trata sobre la contaminación generada por vertimientos de sustancias peligrosas en fuentes hídricas (Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea, 2006).
Directiva 2006/118/CE	Trata sobre la protección que se debe llevar a cabo a las aguas subterráneas, las cuales se ven expuestas al deterioro y a la contaminación (Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea, 2006).
Resolución 357 de 2005	En la Resolución se establece una clasificación para cuerpos hídricos, así mismo se dan a conocer los parámetros y límites admisibles que se deben cumplir en cuanto a vertimientos en fuentes hídricas en el territorio de Brasil (Consejo nacional del medio ambiente [CONAMA], 2005)
Resolución 70/1 de 2015	Por medio de la Resolución 70/1 del año 2015 la asamblea general de las Naciones Unidas llevó a cabo la aprobación de la agenda 2030 sobre Desarrollo sostenible (Asamblea general de las Naciones Unidas, 2015).

Normatividad Nacional

Constitución política de Colombia de 1991

La carta magna, norma de normas del territorio colombiano, establece los derechos y obligaciones de sus habitantes, da a conocer la estructura del estado, los derechos colectivos y del ambiente, así como los mecanismos de participación ciudadana, entre otros.

Algunos artículos, los cuales son pertinentes al tema que se tratará en el presente proyecto, y que es importante resaltar, se encuentran:

Artículo 13	El cual hace referencia a que todos los colombianos son libres e iguales ante la ley, teniendo igualdad de derechos, oportunidades y libertades sin que hubiera cabida a discriminaciones de cualquier índole (Asamblea Nacional Constituyente, 1991).
Artículo 79	Menciona que todas las personas tienen derecho a disfrutar de un ambiente sano, se generarán los mecanismos para que la comunidad decida en situaciones que puedan afectarlo, El Estado propende por cuidar la diversidad e integridad del ambiente (Asamblea Nacional Constituyente, 1991).
Artículo 80	La planificación del manejo y uso de los recursos naturales estará a cargo del Estado, en vía con la sostenibilidad, conservación. De igual forma generar controles, regulaciones y sanciones de ser necesarios (Asamblea Nacional Constituyente, 1991).
Artículo 95	Todo colombiano al igual que goza de unos derechos también tiene unas obligaciones entre las cuales se encuentra el cumplimiento de la Constitución y las leyes. (Asamblea Nacional Constituyente, 1991).
Leyes, Decretos y Resoluciones	
Ley 9 de 1979	En la Ley 9 de 1979 se consagran medidas sanitarias, se establecen normas, procedimientos, entre otras acciones que contribuirán en gran parte con la protección del medio ambiente (Congreso de Colombia, 1979).

Ley 99 de 1993	Gracias a la Ley 99 de 1993 se creó el Ministerio del medio ambiente, se presentó una organización del Sistema Nacional Ambiental –SINA, igual que en el sector público, el cual tenía a cargo lo concerniente a la gestión, la preservación ambiental y los recursos naturales (Congreso de Colombia, 1993).
Ley 142 de 1994	En la cual se reglamenta la prestación de los servicios públicos, los deberes y derechos de los suscriptores, usuarios, las obligaciones de las empresas encargadas de brindar los servicios públicos de acueducto, alcantarillado, aseo, electricidad, gas entre otros (Congreso de Colombia, 1994).
Ley 373 de 1997	La Ley 373 de 1997 trata sobre el programa de uso eficiente y ahorro del recurso hídrico, el cual debe llevarse a cabo en las regiones y municipios, y éstos deben incorporar el programa en sus planes ambientales (Congreso de Colombia, 1997).
Decreto 2811 del 18 de diciembre de 1974.	Gracias al Decreto 2811 de 1974 se dicta el código sobre los recursos naturales y protección del medio ambiente, en el cual se tratan temas sobre el manejo de los recursos naturales (agua, aire, suelo, fauna, flora), principios para el uso adecuado de los recursos naturales, acciones educativas para tratar temas ambientales, entre otras (Presidencia de la República, 1974).
Decreto 3930 del 25 octubre de 2010	En el Decreto 3930 de 2010 se tratan temas referentes al ordenamiento del recurso hídrico, en donde se clasifican las aguas, el uso y aprovechamiento, también se establecen normas enfocadas a tener una calidad idónea del

	<p>agua para garantizar el sostenimiento de las especies, las descargas de aguas residuales, entre otros temas (Presidencia de la República, 2010).</p>
Decreto 1076 de 2015	<p>A través del Decreto 1076 de 2015 se emite el Decreto único reglamentario del sector ambiente y desarrollo sostenible, en el cual se tratan temas concernientes a la protección de los recursos naturales, las obligaciones de las entidades rectoras en el país, entre otras. Uno de los temas que se resalta, debido a la pertinencia para el proyecto, objeto del presente estudio son las obligaciones que tienen los propietarios de los predios en cuanto a la protección del recurso hídrico como construir pozos sépticos cuando no se cuente con sistemas de alcantarillado, no arrojar sustancias sólidas o líquidas sobre las aguas, entre otras (Presidencia de la República, 2015).</p>
Decreto 1090 de 2018	<p>El presente Decreto trata temas sobre el programa del uso eficiente y el ahorro del recurso hídrico (Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, 2018).</p>
Resolución 1096 de 2000	<p>La Resolución 1096 de 2000 establece el reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico - RAS, en el cual se tratan temas como procedimientos para los proyectos de saneamiento básico, aguas residuales (Ministerio de desarrollo económico, 2000)</p>
Resolución 0631 de 2015	<p>La Resolución 0631 de 2015 trata sobre los parámetros que se deben tener en cuenta cuando se presentan vertimientos, así como cuáles son los límites permisibles para generar vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales (Ministerio de medio ambiente y desarrollo sostenible, 2015).</p>

Resolución 0330 de 2017	En la Resolución 0330 de 2017 se establece el reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico - RAS, en la misma se deroga la Resolución 1096 de 2000. La resolución da a conocer los requisitos para el diseño, la construcción, así como para la operación de la infraestructura, y procedimientos requeridos en cuanto a los servicios públicos (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017).
Resolución 0844 de 2018	La Resolución 0844 de 2018 trata sobre los requisitos técnicos para proyectos tanto de agua como de saneamiento en las áreas rurales (Ministerio de vivienda, ciudad y territorio, 2018).
Políticas, planes y estrategias relacionadas con el Plan Nacional de manejo de aguas residuales	
CONPES 3177 de 2002	El CONPES 3177 de 2002 da a conocer los lineamientos para formular el plan nacional de manejo de aguas residuales, así mismo se plantean estrategias como lo son los programas de producción más limpia, trata temas sobre el control de la contaminación de fuentes hídricas, la tasa retributiva por la contaminación generada en dichas fuentes, estrategias en saneamientos básico, entre otros temas (Consejo Nacional de Política Económica y Social [CONPES], 2002).
Fuente: Autoría propia	

METODOLOGÍA

Se desarrolló una propuesta sistémica con la cual se buscó evaluar el impacto ambiental de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas en el corregimiento de Bitaco en el municipio de La Cumbre Valle del Cauca, los cuales permitieron analizar el impacto de la descontaminación por la instalación de los sistemas.

La metodología utilizada para el presente estudio contempló cinco fases generales, iniciando desde:

Fase 1. Revisión documental: Comprende el uso de herramientas digitales, a través de la e-biblioteca de la UNAD (science, direct, scopus), google scholar para obtener información relacionada con el tema de estudio.

Fase 2. Recolección de la información y caracterización del municipio a través de una muestra poblacional de 144 hogares, en donde 83 corresponden a sistemas de tratamiento de aguas residuales completos y 61 a trampas de grasa donde se tratan las aguas grises, de donde se toma la información sobre vertimientos generados de las viviendas de la población rural dispersa y los niveles de cada contaminante, el estado inicial y final de los beneficiarios de los sistemas de tratamiento de aguas residuales. A su vez se gestionó el acceso a información a través de la Fundación Agrícola Himalaya, Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca - CVC y Alcaldía Municipal para establecer el diagnóstico de la línea base ambiental del corregimiento, las cuales permitieron hacer un contraste de los impactos generados por la instalación de los sistemas de tratamiento, además de los efectos generados en el ecosistema y la comunidad.

Fase 3. Organización de la información: Se utilizaron los Programas de Microsoft Office (Excel, Word). El Excel se usó para organizar los datos necesarios (etapas de los tratamientos de aguas residuales, aspectos e impactos ambientales) para evaluar los sistemas de tratamiento de aguas residuales a través de la metodología de Arboleda, en cuanto al programa Word se utilizó para la construcción del documento final.

Fase 4. Análisis de la información: Con la información obtenida de las fuentes primarias y secundarias sobre contaminantes presentes en los vertimientos domésticos del Municipio de La Cumbre, corregimiento de Bitaco se realizó un análisis de la disminución de la contaminación, a través de Microsoft Excel donde se procesaron los datos y sus respectivas gráficas, las cuales permitieron observar las diferentes situaciones ambientales que se presentaban con la implementación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales, y se finalizó con la **Fase 5. Construcción del documento final** (Ver figura 2 - Esquema metodológico).

A continuación, se presenta un esquema donde se aprecian los pasos a seguir en la metodología.

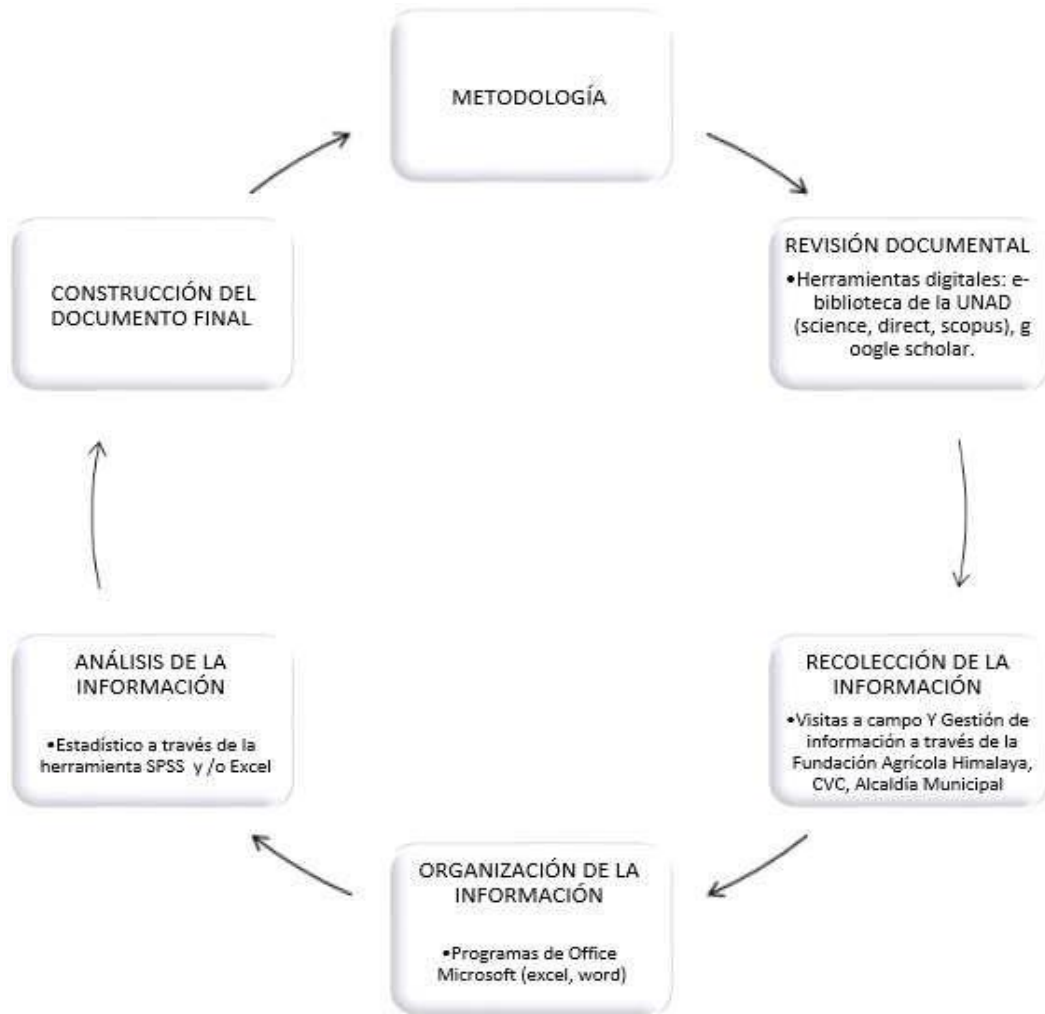


Figura 2. Metodología para el desarrollo del proyecto. Fuente: Elaboración propia.

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO Y LÍNEA DE BASE AMBIENTAL

Ubicación Geográfica

El Municipio de la Cumbre tiene una extensión de 245 km². Se localiza en la vertiente oeste de la cordillera occidental en jurisdicción del Departamento del Valle del Cauca - Colombia, limita al norte con el municipio de Restrepo y Vijes, al sur con el municipio de Cali, al oriente con el municipio de Yumbo y al occidente con Dagua; viven en el 10.822 habitantes (21% cabecera municipal y 79% área rural), distribuidos entre 7 corregimientos (32 veredas), la cabecera municipal se encuentra ubicada a 29 Km de Santiago de Cali, la capital del Valle del Cauca. En el Corregimiento de Bitaco habitan 2.308 habitantes que corresponden al 19.4% del total del municipio, de ellos 1.193 se encuentran en el área urbana y 1.115 en el área rural (Alcaldía de La Cumbre, 2000). Los límites del corregimiento de Bitaco son al norte con el corregimiento de Lomitas, al sur con el municipio de Cali, al occidente con el municipio de Dagua y al oriente con el municipio de Yumbo, lo componen siete veredas Chicoral, Zaragoza, Chicoralito, el Diamante, Santafé, Rincón Santo, el Retiro y un centro poblado denominado Bitaco. Su extensión es de 2775 hectáreas aproximadamente.

A continuación, se presenta el Plano Político de Bitaco, el cual permitió referenciar las viviendas de los habitantes objeto del presente estudio (Ver Figura 3).

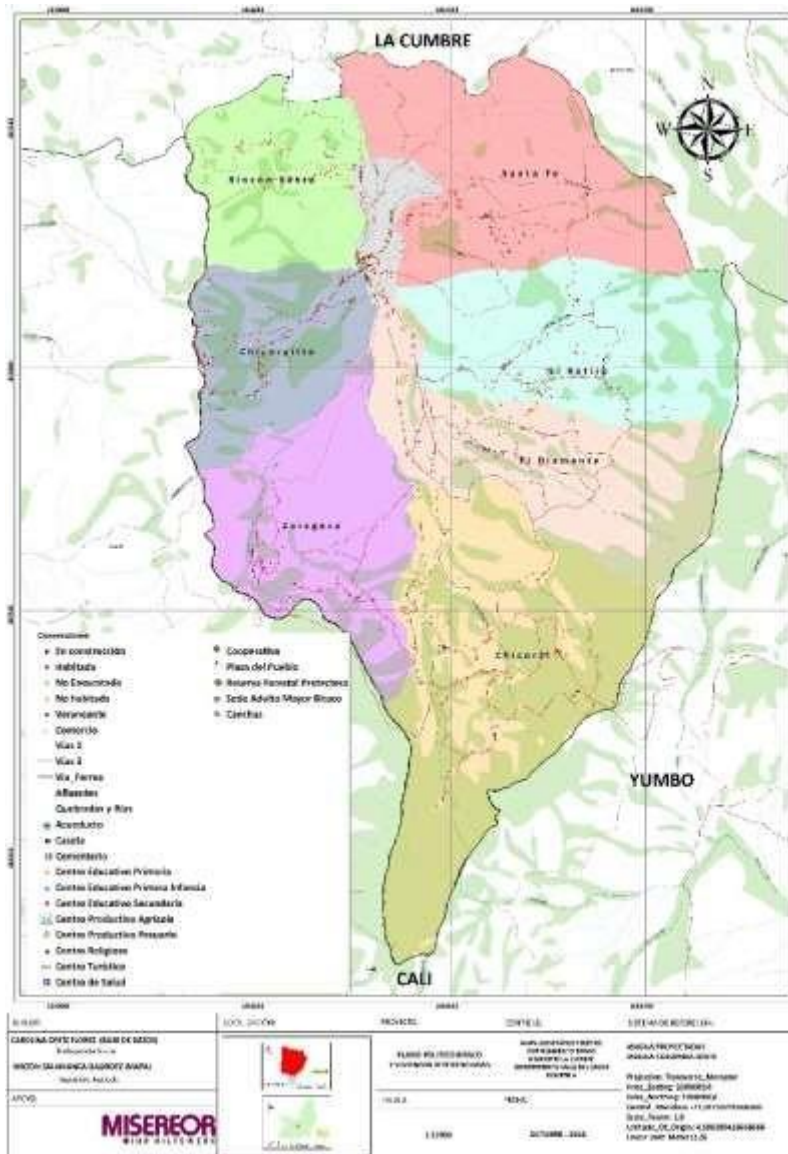


Figura 3. Plano Político corregimiento de Bitaco y viviendas referenciadas. Fuente: Fundación Agrícola Himalaya

Temperatura

El corregimiento de Bitaco está ubicado entre 1500 - 2050 msnm, con temperaturas que oscilan entre 13.3°- 25.5°centígrados, el promedio de la temperatura máxima es 23.4°C y la mínima de 14.34 °C (Datos históricos de pluviosidad y temperatura, 2013).

Precipitación y Humedad Relativa - HR

En el corregimiento la pluviosidad promedio registrada en el periodo de tiempo de 2013 a 2017 es de 1096.34 mm anuales, la humedad relativa (HR) máxima en promedio es de 86.24% y la mínima de 62.34% (Agrícola Himalaya, 2013).

Relieve

El relieve está caracterizado por una topografía de pendientes fuertes y cimas redondeadas, y áreas con relieve quebrado y escarpados en la zona más alta; colinas bajas y altas, con pequeños valles en la zona media y baja (EOT de La Cumbre, 2000, p. 40).

Zonificación climática

Teniendo en cuenta la ubicación altitudinal del corregimiento de Bitaco en las veredas Rincón Santo, Santa Fe, Chicoralito se definen como “Bosque Húmedo Premontano (Bh-PM), va desde los 1.100 m hasta los 1.700 m con temperaturas entre 18° y 24° C y precipitaciones que varían entre 1000 y 2000 mm/año” (EOT, 2000, p.42). En las veredas de Zaragoza, Chicoral, El Diamante y El Retiro la zonificación es “Bosque muy Húmedo Premontano (Bmh-PM), va desde los 1.700 m. hasta los 2.200 m. con temperaturas entre 14° y 18° C y con precipitaciones mayores a 2000 mm/año lo que hace de ella una zona higrofitica” (EOT, 2000, p.42).

Suelos

Para el corregimiento de Bitaco se presentan dos tipos de suelos según la Alcaldía de La Cumbre en el Esquema de Ordenamiento Territorial EOT.

Asociación Sevilla. (SV) Se presentan en altitudes entre 1.200 y 2.000 m.s.n.m., con relieve quebrado a escarpado y pendientes entre 12% y 25% y aún mayores. El material parental, corresponde a cenizas volcánicas depositadas sobre arcillas que a su vez provienen de la alteración de diabasas. En general son suelos profundos, bien drenados, ligera a moderadamente erosionados...Asociación Villacolombia (VC). Se encuentran distribuidos en alturas comprendidas entre 1200 y 2000 m.s.n.m., ocupando la parte media del flanco de la cordillera. La naturaleza de los materiales originarios corresponde a diabasas, depósitos delgados de cenizas volcánicas y coladas basálticas poco alteradas. Los suelos de esta unidad se presentan en relieves dominantes que van desde fuertemente quebrados a escarpados, con pendientes de 25% - 50% - 75% y mayores; bien a excesivamente drenados (EOT, 2000, p.77).

Flora

El corregimiento de Bitaco cuenta con 772 especies identificadas pertenecientes a 24 familias de ellas, representadas en: “(55) Rubiaceae, (52) Orchidaceae, (34), Solanaceae, (32) Lauraceae, (31) Melastomataceae, (30) Euphorbiaceae, (24) Moraceae, (23) Ericaceae, (22) Araceae, (22) Piperaceae, (19) Bromeliáceae, (16) Clusiaceae, (15) Gesneriaceae, (15) Mimosaceae (...) orquídeas un inventario parcial con más de 150 especies” (Fundación Agrícola Himalaya, 2012, p. 11).

Fauna

Según estudios realizados la reserva forestal de Bitaco registra 28 especies de anfibios siendo la familia más numerosa en especies la Strabomantidae, seguida de Dendrobatidae e Hylidae. En cuanto a reptiles, el número total de especies reportadas es de 23 especies cuya familia con mayor número de especies es la Colubridae, seguida de Polychrotidae y Gekkonidae (CVC, 2006).

En la franja Chicoral (Bitaco)–San Antonio se han registrado 285 especies de aves (17% de las aves del departamento de Valle del Cauca) pertenecientes a 41 familias, de las cuales las de mayor representatividad por su cantidad de especies son: Dendrocolaptidae (5), Falconidae (5), Formicariidae (7), Fringilidae (10), Furnariidae (12), Parulidae (12), Picidae (9), Thraupinae (41), Trochilidae (25), Troglodytidae (7), Turdinae (5) y Tyrannidae (32), y que representa un conjunto representativo de la biodiversidad andina. De las especies identificadas en la zona, 30 son migratorias, 14 son de rango restringido, 13 son casi endémicas y tres son endémicas (CVC, 2006).

Descripción socioeconómica

El corregimiento cuenta con un total de 487 viviendas ubicadas en la zona rural de estas siete veredas para un total de 606 familias, 2308 habitantes de los cuales el 62% son mujeres, 38% hombres. Las familias se dedican a actividades agropecuarias relacionadas con la producción del pancoger, hortalizas, flores (anturios, bromelias y heliconias) y la ganadería de leche que comercializan a través de intermediarios de la zona. Algunos habitantes son jornaleros en fincas de veraneo cuyos propietarios viven en Cali y la

empresa Agrícola Himalaya es la principal fuente de empleo de la zona (315 empleos), para la producción y procesamiento del Té y aromáticas marcas Hindú y Bitaco (FAH, 2018).

Las actividades productivas mencionadas anteriormente son la principal fuente de ingresos para las familias, en las que trabaja al menos un miembro de la familia recibiendo \$ 250.000; como las familias disponen de escasos factores de producción complementan sus ingresos con la venta de su mano de obra en oficios como jornaleros (cultivo de flores, aseadoras en fincas, jardinería) que les aportan \$ 150.000 por mes, para un ingreso total por familia de \$ 400.000. El Ingreso per cápita es de \$ 100.000 ubicando a las familias muy cerca de la línea de pobreza extrema (según DANE, DNP Pobreza extrema ingreso per cápita menor \$96.000).

La unidad agrícola familiar es inferior a lo establecido, por lo que se habla de minifundios en más de 80% de los propietarios de fincas. Cabe resaltar que en el corregimiento nace el río Bitaco en la Reserva del mismo nombre, con una longitud de 34.9 km, su caudal es de $3.8\text{m}^3/\text{s}$, la velocidad media es de 1.0 m/s, en su profundidad se tiene una longitud de 0.4 m y en promedio su ancho es de 1.0 m. Los afluentes con los que cuenta son el río Grande, el de Pavas, y sus quebradas son Chicoral, Centellita, La Sofía, Las Minas, Centenario, Zaragoza, La María, El Diamante, El Salto y Tambocha, el cual abastece a más de 14.000 usuarios pertenecientes a los municipios de Dagua y La Cumbre, para el caso de las 7 veredas del corregimiento el abastecimiento de agua se realiza a través de 11 organizaciones de base como juntas administradoras o asociaciones, de las cuales el 50% se encuentra legalizada, y las infraestructura es en el 90% de los casos precaria y sin desinfección. (CVC, 2006).

Como se ilustra en el gráfico el corregimiento de Bitaco está ubicado en la parte alta de la microcuenca (Ver Figura 4).

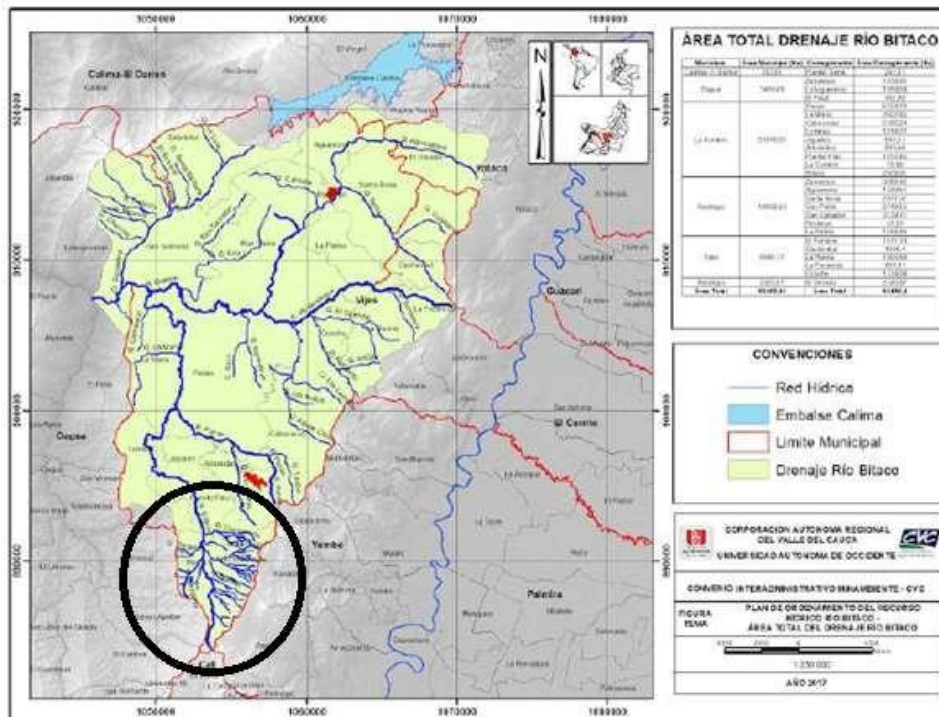


Figura 4. Área de drenaje del Rio Bitaco. Fuente: CVC – UAO 2017

La Ley 142 de 1994 establece en la sección sobre Entidades prestadoras de servicios públicos, título I, capítulo II De la conexión, artículo 7, los requisitos que los inmuebles deben cumplir al momento de acceder al servicio de Acueducto, dentro de los nueve puntos se define la necesidad de contar con la licencia de construcción otorgada por el ente territorial que para el caso de estudio es la Secretaria de Planeación, otro requerimiento es tener un sistema de tratamiento de aguas residuales debidamente aprobado por la autoridad ambiental que para La Cumbre es la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca CVC, a partir de exploración con la comunidad y líderes de los acueductos y las Juntas de Acción Comunal se evidencio que las familias habitan la zona desde hace muchos años

atrás antes de la creación de la norma, por tanto, en la particularidad del territorio se encuentran soluciones como huecos en tierra con tapas en concreto, tablas, guadua o tejas de zinc, pozos de infiltración en ladrillo, disposición directa a fuentes hídricas o canales de aguas lluvias, para la disposición de aguas provenientes del inodoro, y las aguas grises son vertidas directamente a campo abierto, situación que pone en evidencia la carencia en el cumplimiento de la normatividad ambiental anteriormente citada.

RESULTADOS

Análisis descriptivo sobre los sistemas de tratamiento de aguas residuales implementados en el corregimiento de Bitaco.

La población Bitaqueña objeto de este estudio, se identificó que pertenecen al nivel socioeconómico 1 y 2, ubicada en la zona rural del corregimiento de Bitaco distribuidos en las siete veredas que lo componen, el área donde se encuentran asentados está ubicada en Ley 2 de 1959 catalogándola como Reserva Forestal del Pacífico, ratificadas por el Decreto número 2751 de octubre 14 de 1980. Las familias están conformadas en promedio por cuatro personas, las áreas de los predios son catalogadas como micro y minifundios, las viviendas son de tamaños comprendidos entre 52 m² y 120 m² aproximadamente, el servicio de acueducto es prestado por acueductos artesanales los cuales sólo realizan captación y conducción de aguas crudas y tres que se encuentran legalizados y con sistema de tratamiento siendo el 60% de la población, en cuanto a la percepción de las zonas veredales se identifica que los problemas de orden ambiental, los más relevantes en su orden son; el mal manejo de los residuos, contaminación del agua, la deforestación y la contaminación del aire, así descrita la situación (FAH, 2018).

En el escenario inicial antes de la instalación de los sistemas, se visitaron los predios seleccionados, verificándose que el 22,1% son de la vereda Chicoral, 18,1% en Chicoralito, 14,8% en Santa Fe, 13,4% El Retiro, 12,1% Rincón Santo, 11,4% el Diamante y el 8,1% en Zaragoza (Ver Tabla 5).

Tabla 5. Visitas de campo en las distintas veredas de Bitaco, La Cumbre.

Visitas de campo en las distintas veredas de Bitaco		
No.	Beneficiario Nombre y apellido	Vereda
1	Ligia Gutiérrez	Chicoral
2	Doney Beltrán	Chicoral
3	Nasmillie Pillimue	Chicoral
4	Ana María Manrique	Chicoral
5	Elvio Elias Gómez	Chicoral
6	Asnoraldó Ortiz	Chicoral
7	Cecilia Martínez	Chicoral
8	Rubiel Medina	Chicoral
9	Martha Carvajal	Chicoral
10	Raquel Morera	Chicoral
11	Sonia Gutiérrez	Chicoral
12	Myriam Gutiérrez	Chicoral
13	Luz Eida Gutiérrez	Chicoral
14	Otoniel Pabón	Chicoral
15	María Feni Diaz	Chicoral
16	Raúl Esney Yela	Chicoral
17	Luz Mery Pechene Morales	Chicoral
18	Celso Portillo	Chicoral
19	Laura Medina	Chicoral
20	Álvaro José Pabón /Dinacela Gutiérrez	Chicoral
21	José Fernando Martínez	Chicoral
22	Miguel Clavijo/ Yaneth Prieto	Chicoral
23	María Eugenia Gutiérrez	Chicoral
24	Oliva María Muñoz Yanten	Chicoral
25	Alba Yela	Chicoral
26	Lucely Gutiérrez/ Luis Mina	Chicoral
27	Omaira de Jesús/ William Yela	Chicoral
28	Milbia Erazo	Chicoral
29	Diana Martínez	Chicoral
30	Prospero Martínez	Chicoral
31	Socimo Pabón / Blanca Gutiérrez	Chicoral
32	Jesús Marino Angulo	Chicoralito
33	Blanca Nelly Estrada	Chicoralito
34	Victoria Hurtado	Chicoralito
35	Martha Yolanda Jaramillo	Chicoralito
36	Alexander Parra	Chicoralito

37	Alirio Cerón	Chicoralito
38	Diana Artunduaga	Chicoralito
39	Evelio Sánchez	Chicoralito
40	Celimo Rivera	Chicoralito
41	Edinson Ferney Parra Gutiérrez (Luz Nelly Gutiérrez)	Chicoralito
42	Gregoria Valencia	Chicoralito
43	Luz Mila Perdomo	Chicoralito
44	María Elena Gutiérrez	Chicoralito
45	Aldemar Fajardo/Ludivia Fajardo	Chicoralito
46	Ana Milena Fajardo	Chicoralito
47	Danni Gutiérrez/ Olga Sánchez	Chicoralito
48	Emperatriz Martínez/Duvian Martínez	Chicoralito
49	Jorge Enrique Gutiérrez	Chicoralito
50	José Rafael Aranda	Chicoralito
51	Josefina Otero	Chicoralito
52	Leonardo Castañeda /Rosario Realpe	Chicoralito
53	Luz María Perdomo Perdomo	Chicoralito
54	María Zelpha Anacona/Paola Andrea Medina/Arnubio Medina	Chicoralito
55	María del Pilar Prieto	Chicoralito
56	Martha Elena Yante - José Leonel Gutiérrez	Chicoralito
57	Pedro Alcantara Astaiza	Chicoralito
58	Rosario Realpe/Leonardo Castañeda	Chicoralito
59	Reinel Gaviria	El Diamante
60	Miller Gaviria	El Diamante
61	Leonilde Joaqui	El Diamante
62	Leonor Martínez	El Diamante
63	Milciades Gamba	El Diamante
64	Aurora Ramírez	El Diamante
65	Felisa Quiñones	El Diamante
66	Noe Leyton	El Diamante
67	Cristina Homen	El Diamante
68	Alicia Gómez	El Diamante
69	Carmen Ofelia Achicanoy/Laura Ordoñez Gelpud/ciro Gelpud	El Diamante
70	Diego Sánchez/Blanca Pasaje	El Diamante
71	Edelmira Gaviria Medina/José Antidio Medina	El Diamante
72	Irlanda Dorado/Gentil Antonio Gómez	El Diamante
73	María del Pilar Medina Gómez	El Diamante
74	Yuri Alvear	El Diamante
75	Rubiela Botina/Jorge Botina	El Diamante
76	Ana Milena Bonilla	El Retiro
77	Alba Marina Cerón	El Retiro

78	Raúl Andrés Gómez	El Retiro
79	Regulo Flores	El Retiro
80	Diego Germán Muñoz Cerón/ María E. Muñoz	El Retiro
81	Jesús Eymmer Manrique / Juliana Sotelo	El Retiro
82	Emiliano Pillimue	El Retiro
83	Leonardo Hoyos	El Retiro
84	Efrem Botina	El Retiro
85	Emilia Medina / Marino Sotelo	El Retiro
86	Nancy Portilla Cerón	El Retiro
87	Cristina Chávez Rivera / Maricel Rivera	El Retiro
88	Darío Andrés Cruz /Marleny Martínez	El Retiro
89	Liliana Erazo/ María Erlinda Erazo	El Retiro
90	Gilberto Leyton	El Retiro
91	Neiser Manrique	El Retiro
92	Neider Stella Hoyos	El Retiro
93	Orlanda Hernández	El Retiro
94	Segundo Muñoz	El Retiro
95	Yamileth Hurtado	El Retiro
96	Consuelo Gallego	Rincón Santo
97	Luis Carlos Vélez	Rincón Santo
98	Luz Esmeralda Rengifo	Rincón Santo
99	Marco Aurelio Zúñiga	Rincón Santo
100	María Alicia Dorado	Rincón Santo
101	Elizabet Daza (Federman Mena)	Rincón Santo
102	Lida Stella Gómez	Rincón Santo
103	Gloria Gallego	Rincón Santo
104	Elvira Rengifo Sánchez	Rincón Santo
105	Diego Martínez	Rincón Santo
106	María Eugenia González Dorado	Rincón Santo
107	Vicky Dorado	Rincón Santo
108	Ana Lidia Buitrón	Rincón Santo
109	Andrés Gutiérrez Agredo/Rogelio Prieto	Rincón Santo
110	Deicy Vélez	Rincón Santo
111	Irenide Molina	Rincón Santo
112	Islena Muñoz Perdomo	Rincón Santo
113	Oscar Rengifo Sarria/Sandra Milena Vélez	Rincón Santo
114	Carlos Andrés Palacios	Santa Fe
115	Dolores Rosero	Santa Fe
116	Fanny Narváez	Santa Fe
117	Ana Milena Velasco	Santa Fe
118	Diego Rosero (Doris Hermelinda Rosero)	Santa Fe

119	Luz María Calvache	Santa Fe
120	María Hermilia Pantoja	Santa Fe
121	Sandra Cristina Muñoz	Santa Fe
122	Rosalba Pineda	Santa Fe
123	Maritza Guzmán	Santa Fe
124	Cindy Mary Burbano Ossa	Santa Fe
125	Gloria Narváez	Santa Fe
126	Beatriz Eugenia Flórez Manrique/Ulber vta de empanadas	Santa Fe
127	Carmen Ríos	Santa Fe
128	Deyanira Ramírez/Conrado	Santa Fe
129	Rubiela Enriquez	Santa Fe
130	Nidia Mabel Hernández	Santa Fe
131	Margarita Narváez/ Aladín Barrera	Santa Fe
132	Hilda Pantoja	Santa Fe
133	Blanca Oliva Martínez	Santa Fe
134	Lina María Rosero	Santa Fe
135	Blanca Myriam Urbano	Santa Fe
136	Carlos Enrique Torres	Zaragoza
137	Luis Enrique Cerón	Zaragoza
138	Hilda María Alcaraz	Zaragoza
139	Libia Guerrero	Zaragoza
140	Jefferson Gómez	Zaragoza
141	Yolanda Lara	Zaragoza
142	Aldemar Obando Pantoja	Zaragoza
143	Ana Lilia del Carmen Prado Unigarro	Zaragoza
144	María Libia Guerrero/	Zaragoza

Fuente: Autoría propia - información suministrada por la Fundación Agrícola Himalaya.

Posteriormente se logró determinar la distribución de los beneficiarios de los sistemas en el corregimiento, teniendo en cuenta la vereda a la que pertenecen: el 22,1% reside en la vereda Chicoral, 18,1% en Chicoralito, 14,8% en Santa Fe, 13,4% en El Retiro, 12,1% en Rincón Santo, 11,4% en el Diamante y el 8,1% en Zaragoza (Ver Figura 7).



Figura 5. La figura ilustra la distribución por vereda de los STAR en el corregimiento de Bitaco. Fuente: Elaboración propia – información suministrada por la Fundación Agrícola Himalaya.

Según el informe diagnóstico de la CVC de la Fundación Agrícola Himalaya, en el corregimiento de Bitaco la disposición de las aguas residuales provenientes del inodoro o aguas servidas se realizan así: el 47% en un hueco en tierra con tapa (construida en materiales como madera, zinc, loza de cemento), 35% a un hueco en tierra sin tapa, 11% a fuente hídrica cercana a la vivienda y el 7% campo abierto sobre la superficie del terreno (Ver Figura 8).



Figura 6. La figura ilustra los porcentajes de la manera en que se realiza la disposición de aguas residuales en el corregimiento de Bitaco. Fuente: Elaboración propia – información suministrada por la Fundación Agrícola Himalaya.

La disposición de las aguas residuales provenientes de lavaplatos, duchas, lavaderos, lavamanos o aguas grises de las viviendas se realiza en un 74% a campo abierto sobre la superficie del suelo y el 26% a fuente hídrica directamente (Ver Figura 9).



Figura 7. La figura ilustra los porcentajes de la manera en que se realiza la disposición de aguas grises en el corregimiento de Bitaco. Fuente: Elaboración propia – información suministrada por la Fundación Agrícola Himalaya.

Dado el manejo que realizan los habitantes del corregimiento a las aguas residuales de origen doméstico se presenta contaminación a fuentes hídricas, principalmente por escorrentía. Como se ilustra en la imagen el corregimiento de Bitaco es una cuenca donde todas las corrientes hídricas desembocan en el Río Bitaco, de igual forma los vertimientos finalmente llegan al cuerpo receptor.

En la figura 10 se ilustra el drenaje de los vertimientos de Bitaco, donde los puntos rojos son las viviendas distribuidas en el territorio y las líneas azules los caudales generados por los vertimientos domésticos que drenan al río Bitaco y sus afluentes (Ver Figura 10).

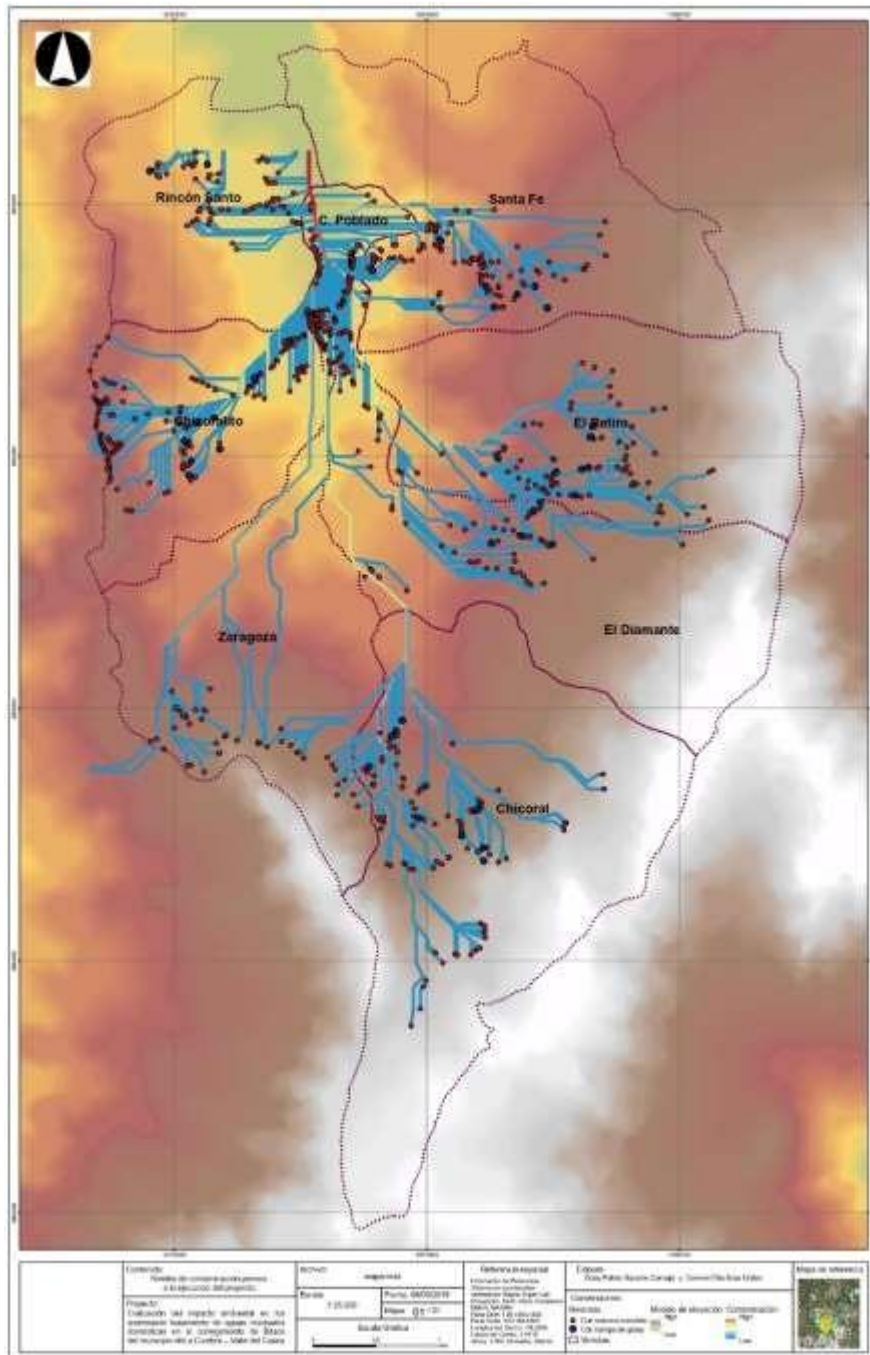


Figura 8. La figura ilustra Drenaje de los vertimientos en el corregimiento de Bitaco. Fuente: Elaboración propia – información suministrada por la Fundación Agrícola Himalaya.

Diagnostico a través de la metodología Arboleda, la línea de base ambiental y la información existente, del impacto ambiental antes de la implementación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en el corregimiento de Bitaco.

Para realizar el análisis del impacto ambiental se empleó la metodología Arboleda simplificada, para lo cual en primera instancia se realizó la identificación de las actividades susceptibles de producir impacto ambiental – ASPI (Ver Tabla 6), así como las entradas y salidas del sistema que realizaron los beneficiarios para la disposición de los vertimientos: Diagrama de flujo del sistema - **Antes** de la instalación de STAR (Ver Figura 11).

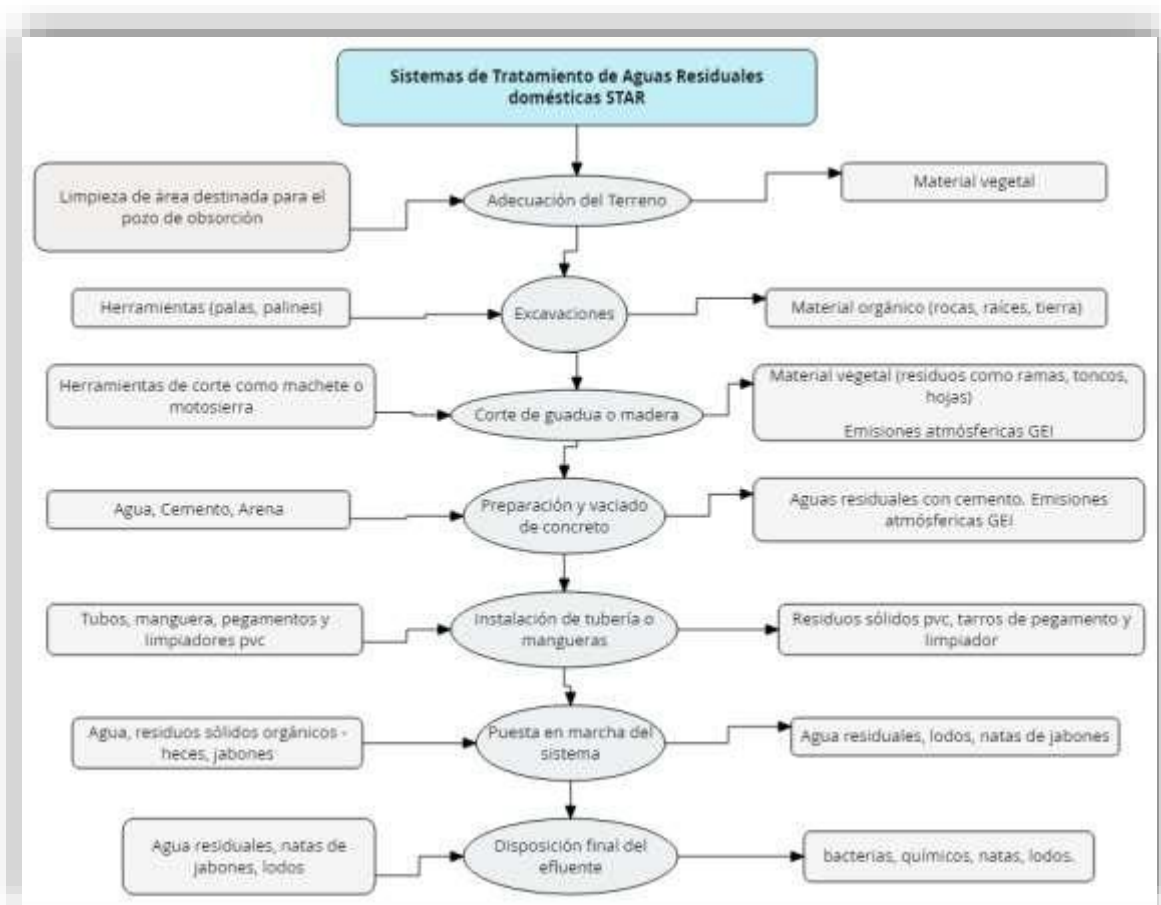


Figura 9. La figura ilustra el proceso que se lleva a cabo para implementar los STAR. Fuente: elaboración propia.

Posteriormente se realizó la identificación y valoración cualitativa y cuantitativamente lo cual permitió determinar los aspectos ambientales que fueron impactados (Ver Tabla 7).

Tabla 6. Matriz de Aspectos Ambientales del STAR de aguas de origen doméstico antes

		Matriz de Aspectos Ambientales Proceso de tratamiento de aguas residuales domésticas												
		Aspectos Ambientales												
ASPI (Actividades Susceptibles de Producir Impacto)		Consumo de Agua	Alteración al ciclo hidrológico	Vertimiento de aguas residuales	Intervención de cobertura vegetal	Intervención a fuentes y cuerpos de agua	Intervención del suelo	Generación de residuos sólidos	Intervención de la fauna	Transformación del paisaje	Intervención de la flora	Proliferación de vectores	Generación de olores ofensivos	Alteración del Ecosistema
		1	Adecuación del Terreno				X		X		X	X	X	
2	Excavaciones						X	X	X					
3	Corte de guadua o madera				X				X	X	X			
4	Preparación y vaciado de concreto	X					X	X						
5	Instalación de tuberías o manguera				X		X	X						
6	Puesta en marcha del sistema	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
7	Disposición final de efluente		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Fuente: Autoría propia

Finalmente empleando la metodología se identificaron los impactos, se calificaron y se les dio una valoración de importancia, obteniéndose cinco impactos poco significativos con puntuación menor o igual a veinticinco puntos, ocho impactos moderados mayores a 2,5 y menores o iguales a 5.0 puntos, catorce puntos significativos con puntuación superior a 50 y menores o iguales a 7,5, por último, veintiuno muy significativos con puntuación superior a 7,5 puntos (Ver Figura 12).

A continuación, se presenta la priorización de resultados antes de la instalación de los sistemas



Figura 10. La figura ilustra la calificación del método Arboleda antes de la instalación de los STAR. Fuente: autoría propia.

Tabla 7. Matriz de Identificación de Impactos – Metodología Arboleda. Antes de la instalación

ASPI	Aspecto Ambiental	Impacto	Clase	Presencia	Duración	Evolución	Magnitud	Puntaje	Calificación Ambiental	Importancia del Impacto
Adecuación del terreno	Destinación de terreno para la ubicación del sistema.	Planeación del territorio.	Positivo (+)	1	1	1	1	2,00	10,00	Grave
	Contratación de mano de obra.	Movimiento de la economía local.	Positivo (+)	1	0,1	1	0,4	0,50	3,10	Moderado
	Intervención de cobertura vegetal	Disminución de la capacidad de regulación del agua, teniendo como efecto la generación de inundaciones. Erosión de suelo y pérdida de la calidad del suelo.	Negativo (-)	1	0,4	1	0,7	1,10	6,10	Relevante
		Destrucción de microorganismos	Negativo (-)	1	1	1	1	2,00	10,00	Grave
	Intervención del suelo	Alteración de las propiedades físicas del suelo	Negativo (-)	0,99	0,19	0,69	0,69	0,66	3,86	Moderado
	Generación de residuos sólidos (biodegradables)	Generación de fertilizante orgánico	Negativo (-)	1	0,2	0,7	0,19	0,33	1,53	Irrelevante
	Intervención de la fauna	Desplazamiento de especies (Insectos)	Negativo (-)	1	0,7	0,7	0,69	1,18	5,48	Relevante
		Cambio del paisaje natural	Negativo (-)	1	1	1	0,2	1,20	4,40	Moderado
Intervención de la flora	Alteración de la flora (principalmente especies pioneras y arvences).	Negativo (-)	1	1	1	0,4	1,40	5,80	Relevante	

Excavaciones	Intervención del suelo	Alteración de las propiedades físicas del suelo	Negativo (-)	1	1	0,39	0,2	1,08	3,55	Moderado
		Dstrucción de microorganismos	Negativo (-)	0,99	0,7	0,99	0,7	1,38	6,88	Relevante
	Generación de residuos sólidos	Alteración del paisaje	Negativo (-)	1	0,7	1	0,69	1,39	6,93	Relevante
	Intervención de la fauna	Cambio del paisaje natural	Negativo (-)	1	1	1	0,7	1,70	7,90	Grave
Desplazamiento de especies (Insectos)		Negativo (-)	1	0,69	1	0,7	1,39	6,97	Relevante	
Corte de guadua o madera	Intervención de la flora	Dstrucción de algunos individuos de la especie	Negativo (-)	1	0,2	1	0,69	0,89	5,43	Relevante
	Intervención de cobertura vegetal	Denudación del suelo	Negativo (-)	1	0,39	0,69	0,7	0,87	4,55	Moderado
	Intervención de la fauna	Desplazamiento de especies (Insectos, aves, mamíferos)	Negativo (-)	1	0,69	0,99	0,69	1,37	6,85	Relevante
	Trasformación del paisaje	Cambio del paisaje natural	Negativo (-)	1	0,69	0,69	0,69	1,17	5,40	Relevante
Preparación y vaciado de concreto	Consumo de Agua	Reducción de recurso natural agua	Negativo (-)	0,4	0,19	1	0,4	0,24	1,35	Irrelevante
	Intervención del suelo	Denudación del suelo	Negativo (-)	1	0,4	0,7	0,69	0,88	4,58	Moderado
	Generación de residuos sólidos	Contaminación ambiental por quema o entierro de los mismos.	Negativo (-)	0,99	0,2	0,99	0,4	0,59	3,34	Moderado
Instalación de tuberías o mangueras	Transporte y acarreo	Incremento de trafico vehicular	Negativo (-)	1	0,19	1	0,19	0,38	1,90	Irrelevante
		Aumento de material particulado	Negativo (-)	1	0,19	1	0,19	0,38	1,90	Irrelevante
		Aumento de Ruido	Negativo (-)	1	0,19	1	0,19	0,38	1,90	Irrelevante
	Generación de residuos sólidos	Contaminación ambiental por quema o entierro de los mismos.	Negativo (-)	1	0,99	0,99	0,69	1,67	7,75	Grave
	Intervención de cobertura vegetal	Denudación del suelo	Negativo (-)	1	1	0,19	0,2	1,04	3,27	Moderado
Intervención del suelo	Entierro de material no biodegradable	Negativo (-)	1	1	0,69	0,7	1,48	6,38	Relevante	

Puesta en marcha del sistema	Consumo de Agua	Aumento en la demanda del recurso.	Negativo (-)	1	1	1	1	2,00	10,00	Grave
	Alteración del ciclo hidrológico	Disminución de los caudales en las fuentes hídricas	Negativo (-)	1	1	0,4	0,99	1,40	5,77	Relevante
	Vertimiento de aguas residuales	Contaminación del suelo y corrientes hídricas.	Negativo (-)	1	1	1	1	2,00	10,00	Grave
	Intervención a fuentes y cuerpos de agua	Eutroficación y disminución de la calidad	Negativo (-)	1	1	1	1	2,00	10,00	Grave
	Trasformación del paisaje	Deterioro de las características organolépticas de las corrientes hídricas y el suelo.	Negativo (-)	1	1	0,7	0,99	1,69	7,85	Grave
	Proliferación de vectores	Disminución de la calidad de vida y la salud	Negativo (-)	1	1	1	0,7	1,70	7,90	Grave
	Generación de olores ofensivos	Disminución de la calidad de vida y la salud	Negativo (-)	1	1	0,99	1	1,99	9,93	Grave
	Generación de residuos sólidos	Alteración de las propiedades químicas de corrientes hídricas y el suelo.	Negativo (-)	1	1	1	0,7	1,70	7,90	Grave
	Intervención del suelo	Alteración de las propiedades químicas y físicas del suelo.	Negativo (-)	1	1	0,7	0,7	1,49	6,43	Relevante

Disposición final de efluente	Alteración al ciclo hidrológico	Aumento en la demanda del recurso.	Negativo (-)	1	1	1	1	2,00	10,00	Grave
	Intervención de cobertura vegetal	Cambio del paisaje natural	Negativo (-)	1	1	0,69	0,7	1,48	6,38	Relevante
	Intervención del suelo	Alteración de las propiedades químicas y físicas del suelo.	Negativo (-)	1	1	0,7	0,99	1,69	7,85	Grave
	Generación de residuos sólidos	Alteración de las propiedades químicas de corrientes hídricas y el suelo.	Negativo (-)	1	1	0,7	0,99	1,69	7,85	Grave
	Proliferación de vectores	Disminución de la calidad de vida y la salud	Negativo (-)	1	1	1	1	2,00	10,00	Grave
	Vertimiento de aguas residuales	Contaminación del suelo y corrientes hídricas.	Negativo (-)	1	1	1	1	2,00	10,00	Grave
	Intervención a cuencas y cuerpos de agua	Eutroficación y disminución de la calidad	Negativo (-)	1	1	0,7	0,99	1,69	7,85	Grave
	Intervención de la fauna	Cambios en la fauna hídrica y en el suelo	Negativo (-)	1	1	0,7	0,99	1,69	7,85	Grave
	Trasformación del paisaje	Deterioro de las características organolépticas de las corrientes hídricas y el suelo.	Negativo (-)	1	1	1	0,69	1,69	7,83	Grave
	Intervención de la flora	Cambios en la flora hídrica y en el suelo	Negativo (-)	1	1	0,69	0,69	1,48	6,33	Relevante
	Generación de olores ofensivos	Disminución de la calidad de vida y la salud	Negativo (-)	1	1	1	1	2,00	10,00	Grave
	Alteración del Ecosistema	Contaminación del suelo y corrientes hídricas.	Negativo (-)	1	1	1	1	2,00	10,00	Grave

Fuente: Autoría propia

Evaluación mediante la metodología Arboleda el impacto ambiental después de la implementación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales prefabricados en el corregimiento de Bitaco

Con el objetivo de comparar el impacto ambiental se desarrolló la evaluación posterior a la instalación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales, en algunos casos el beneficiario requería del sistema completo entendido este como trampa de grasas, tanque séptico, filtro anaeróbico y pozo de absorción, la distribución en las veredas fueron el 22,6% en la vereda Chicoral, 15,5% Chicoralito, 11,9% El Diamante, 13,1% El Retiro, 14,3% Rincón Santo, 15,5% Santa Fe y 7,1% Zaragoza (Ver Figura 13).

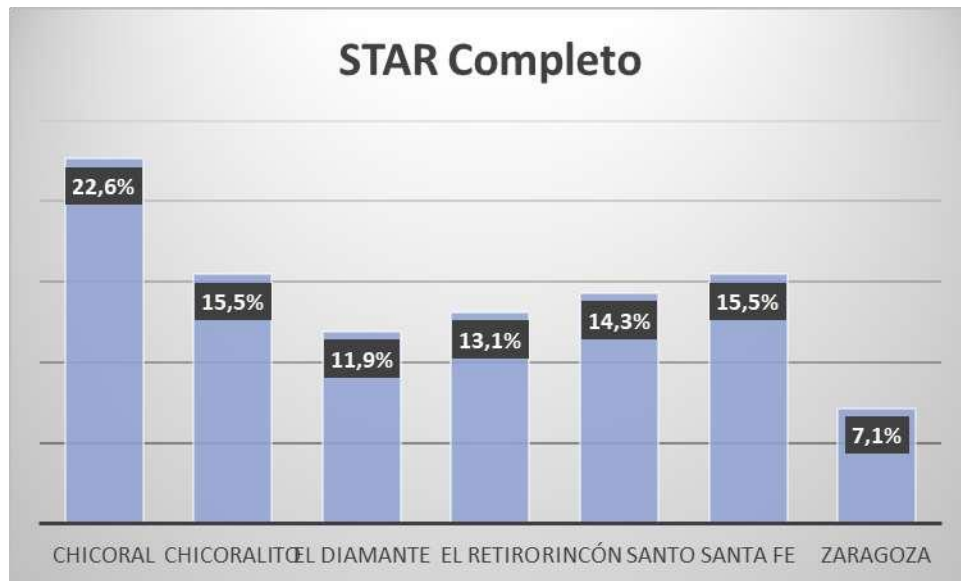


Figura 11. La figura ilustra la distribución por veredas de los sistemas instalados en el corregimiento de Bitaco. Fuente: Elaboración propia – información suministrada por la Fundación Agrícola Himalaya.

El tratamiento de aguas grises el cual se realizó con trampa de grasas y campo de infiltración, distribuidas por veredas Chicoral 21,5%, Chicoralito 21,5%, El Diamante 10,8%, El Retiro 13,8%, Rincón Santo 9,2%, Santa Fe 13,8% y Zaragoza 9,2% (Ver Figura 14).

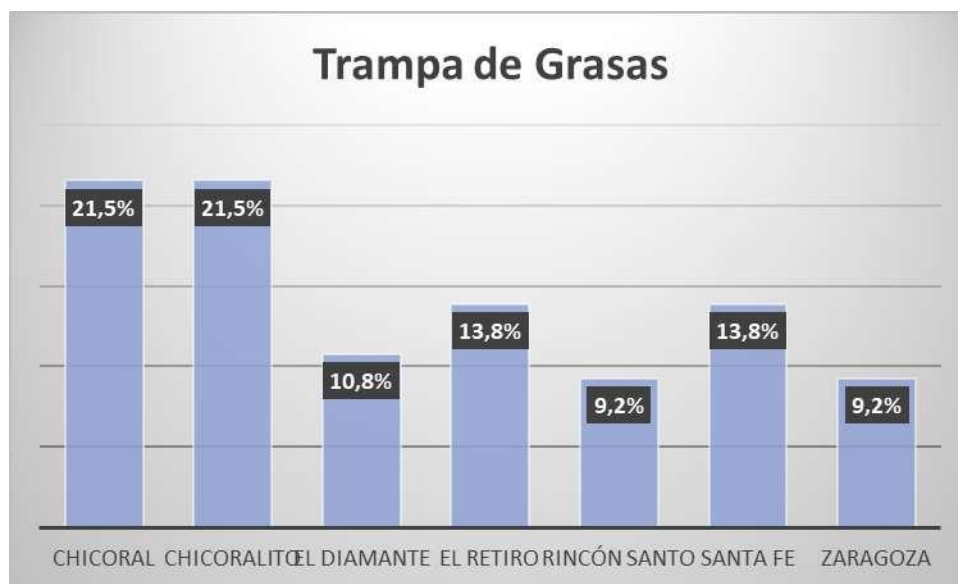


Figura 12. La figura ilustra la distribución por veredas de las trampas de grasas instaladas en el corregimiento de Bitaco. Fuente: Elaboración propia – información suministrada por la Fundación Agrícola Himalaya.

A continuación, se presenta el diagrama donde se pueden observar las actividades susceptibles de producir impacto con sus respectivas entradas y salidas del sistema de tratamiento de aguas residuales (Ver Figura 15).

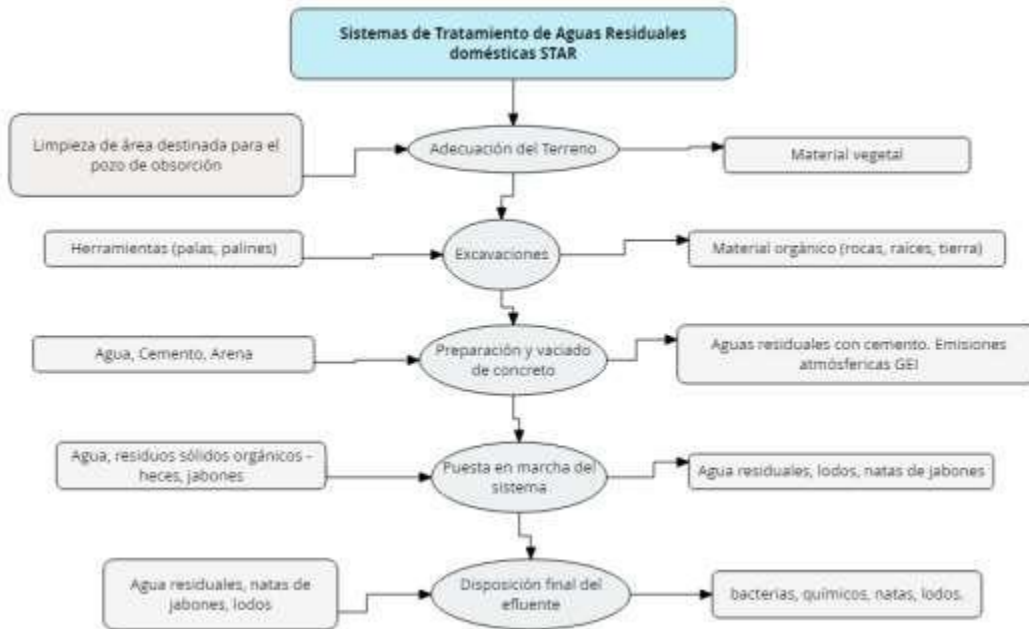


Figura 13. La figura ilustra los procesos ejecutados en los STAR con sus respectivas entradas y salidas. Fuente: elaboración propia.

Una vez realizado el diagrama de flujo con las actividades, paso seguido se determinaron las actividades que podían generar un impacto con la instalación de los sistemas prefabricados (Ver Tabla 8).

Tabla 8. Matriz de Aspectos Ambientales del STAR de aguas de origen doméstico después de la instalación.

Matriz de Aspectos Ambientales														
Proceso de tratamiento de aguas residuales domésticas														
ASPI (Actividades Susceptibles de Producir Impacto)		Aspectos Ambientales												
		Consumo de Agua	Alteración al ciclo hidrológico	Vertimiento de aguas residuales	Intervención de cobertura vegetal	Intervención a fuentes y cuerpos de agua	Intervención del suelo	Generación de residuos sólidos	Intervención de la fauna	Transformación del paisaje	Intervención de la flora	Proliferación de vectores	Generación de olores ofensivos	Alteración del Ecosistema
1	Adecuación del Terreno				X		X		X	X	X			X
2	Excavaciones						X	X	X					
3	Corte de guadua o madera				X				X	X	X			
4	Preparación y vaciado de concreto	X					X	X						
5	Instalación de tuberías o manguera				X		X	X						
6	Puesta en marcha del sistema	X	X	X		X	X	X		X		X	X	
7	Disposición final de efluente		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Fuente: Autoría propia

Después de la instalación de los STAR se realizó nuevamente la evaluación de los impactos ambientales empleando la misma metodología Arboleda (Ver Tabla 9).

Obteniéndose trece impactos poco significativos con puntuación menor o igual a 2,5, diecisiete impactos moderados mayores a 2,5 y menores o iguales a 5,0 puntos, nueve puntos significativos con puntuación superior a 5,0 y menores o iguales a 7,5, por último, uno muy significativos con puntuación superior a 7,5 puntos (Ver Figura 16).

A continuación, se presenta la priorización de resultados después de la instalación de los sistemas de tratamientos de aguas residuales.

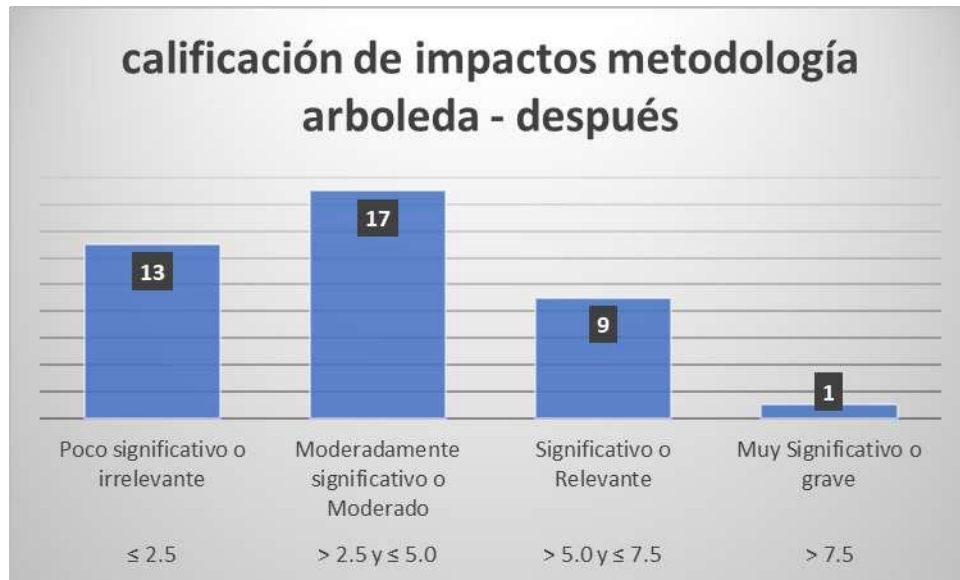


Figura 14. La figura ilustra la calificación utilizada para los impactos después de la implementación del STAR, teniendo en cuenta la metodología Arboleda. Fuente: elaboración propia, adaptada de Alcaldía de Medellín , 2013

Tabla 9. Matriz de Identificación de Impactos – Metodología Arboleda. Después de la instalación

ASPI	Aspecto Ambiental	Impacto	Clase	Presencia	Duración	Evolución	Magnitud	Puntaje	Calificación Ambiental	Importancia del Impacto
Adecuación del terreno	Destinación de terreno	Planeación del Territorio	Positivo (+)	1	1	1	1	2,00	10,00	Grave
	Contratación de mano	Movimiento de la economía local.	Positivo (+)	1	0,19	1	0,4	0,59	3,37	Moderado
	Intervención de cobertura vegetal	Disminución de la capacidad de regulación del agua, teniendo como efecto la generación de inundaciones. Erosión de suelo y	Negativo (-)	0,69	0,19	0,2	0,7	0,23	1,07	Poco significativo
		Destrucción de microorganismos	Negativo (-)	0,99	0,4	0,39	0,69	0,66	3,05	Moderado
	Generación de residuos sólidos (biodegradables)	Generación de fertilizante orgánico	Negativo (-)	0,7	0,7	0,69	0,69	0,82	3,80	Moderado
	Intervención de la fauna	Desplazamiento de especies (Insectos)	Negativo (-)	1	1	0,69	0,39	1,27	4,88	Moderado
		Cambio del paisaje natural	Negativo (-)	1	0,69	0,7	0,7	1,18	5,50	Relevante
	Intervención de la flora	Alteración de la flora (principalmente especies pioneras y arvences).	Negativo (-)	1	0,69	0,7	0,7	1,18	5,50	Relevante

Excavaciones	Intervención del suelo	Alteración de las propiedades físicas del suelo	Negativo (-)	1	1	0,7	0,7	1,49	6,43	Relevante
		Destrucción de microorganismos	Negativo (-)	1	0,69	0,69	0,69	1,17	5,40	Relevante
	Generación de residuos sólidos	Alteración del paisaje	Negativo (-)	1	0,69	0,99	0,7	1,38	6,92	Relevante
	Intervención de la fauna	Cambio del paisaje natural	Negativo (-)	1	0,7	0,99	0,7	1,39	6,95	Relevante
		Desplazamiento de especies (Insectos)	Negativo (-)	1	0,7	0,99	0,7	1,39	6,95	Relevante
Preparación y vaciado de concreto	Consumo de Agua	Reducción de recurso natural agua	Negativo (-)	0,99	0,2	1	0,2	0,40	1,98	Poco significativo
	Transporte y acarreo	Incremento del tráfico vehicular	Negativo (-)	1	0,19	1	0,19	0,38	1,90	Poco significativo
		Aumento de material particulado	Negativo (-)	1	0,19	1	0,19	0,38	1,90	Poco significativo
		Aumento de Ruido	Negativo (-)	1	0,19	1	0,19	0,38	1,90	Poco significativo
		Intervención del suelo	Denudación del suelo	Negativo (-)	1	0,2	1	0,4	0,60	3,40
	Generación de residuos sólidos	Contaminación ambiental por quema o entierro de los mismos.	Negativo (-)	1	0,2	0,99	0,4	0,60	3,37	Moderado

Puesta en marcha del sistema	Consumo de Agua	Aumento en la demanda del recurso.	Negativo (-)	1	1	0,69	0,69	1,48	6,33	Relevante
	Alteración del ciclo hidrológico	Disminución de los caudales en las fuentes hídricas	Negativo (-)	1	1	0,4	0,4	1,16	4,12	Moderado
	Vertimiento de aguas	Contaminación del suelo y	Negativo (-)	1	1	0,4	0,4	1,16	4,12	Moderado
	Intervención a fuentes y cuerpos de agua	Eutroficación y disminución de la calidad	Negativo (-)	1	1	0,2	0,2	1,04	3,28	Moderado
	Trasformación del paisaje	Deterioro de las características organolépticas de las corrientes hídricas y el suelo.	Negativo (-)	1	1	0,19	0,19	1,04	3,25	Moderado
	Proliferación de vectores	Disminución de la calidad de vida y la salud	Negativo (-)	0,19	0,2	0,19	0,19	0,04	0,16	Poco significativo
	Generación de olores ofensivos	Disminución de la calidad de vida y la salud	Negativo (-)	0,19	0,19	0,19	0,19	0,04	0,16	Poco significativo
	Generación de residuos sólidos	Alteración de las propiedades químicas de corrientes hídricas y el suelo.	Negativo (-)	0,19	0,19	0,19	0,19	0,04	0,16	Poco significativo
	Intervención del suelo	Alteración de las propiedades químicas y físicas del suelo.	Negativo (-)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,22	0,93	Poco significativo

Disposición final de efluente	Alteración al ciclo hidrológico	Aumento en la demanda del recurso.	Negativo (-)	0,99	0,99	0,39	0,4	1,13	4,02	Moderado
	Intervención de cobertura vegetal	Cambio del paisaje natural	Negativo (-)	0,99	0,99	0,4	0,99	1,37	5,68	Relevante
	Intervención del suelo	Alteración de las propiedades químicas y físicas del suelo.	Negativo (-)	1	1	0,2	0,2	1,04	3,28	Moderado
	Generación de residuos sólidos	Alteración de las propiedades químicas de corrientes hídricas y el suelo.	Negativo (-)	1	1	0,2	0,2	1,04	3,28	Moderado
	Proliferación de vectores	Disminución de la calidad de vida y la salud	Negativo (-)	0,19	0,19	0,19	0,19	0,04	0,16	Poco significativo
	Vertimiento de aguas residuales	Contaminación del suelo y corrientes hídricas.	Negativo (-)	1	0,7	0,2	0,19	0,74	2,37	Poco significativo
	Intervención a cuencas y cuerpos de agua	Eutroficación y disminución de la calidad	Negativo (-)	1	1	0,19	0,19	1,04	3,25	Moderado
	Intervención de la fauna	Cambios en la fauna hídrica y en el suelo	Negativo (-)	1	1	0,39	0,39	1,15	4,06	Moderado
	Trasformación del paisaje	Deterioro de las características organolépticas de las corrientes hídricas y el suelo.	Negativo (-)	1	1	0,19	0,19	1,04	3,25	Moderado
	Intervención de la flora	Cambios en la flora hídrica y en el suelo	Negativo (-)	1	1	0,2	0,19	1,04	3,27	Moderado
	Generación de olores ofensivos	Disminución de la calidad de vida y la salud	Negativo (-)	0,19	0,19	0,19	0,19	0,04	0,16	Poco significativo
	Alteración del Ecosistema	Contaminación del suelo y corrientes hídricas.	Negativo (-)	0,2	0,99	0,19	0,19	0,21	0,64	Poco significativo

Fuente: Autoría propia

En la figura se ilustra el drenaje de los vertimientos de Bitaco después de la instalación de los STAR, donde los puntos rojos son las viviendas distribuidas en el territorio y las líneas azules los caudales generados por los vertimientos domésticos que drenan al Río Bitaco y sus afluentes (Ver Figura 17).

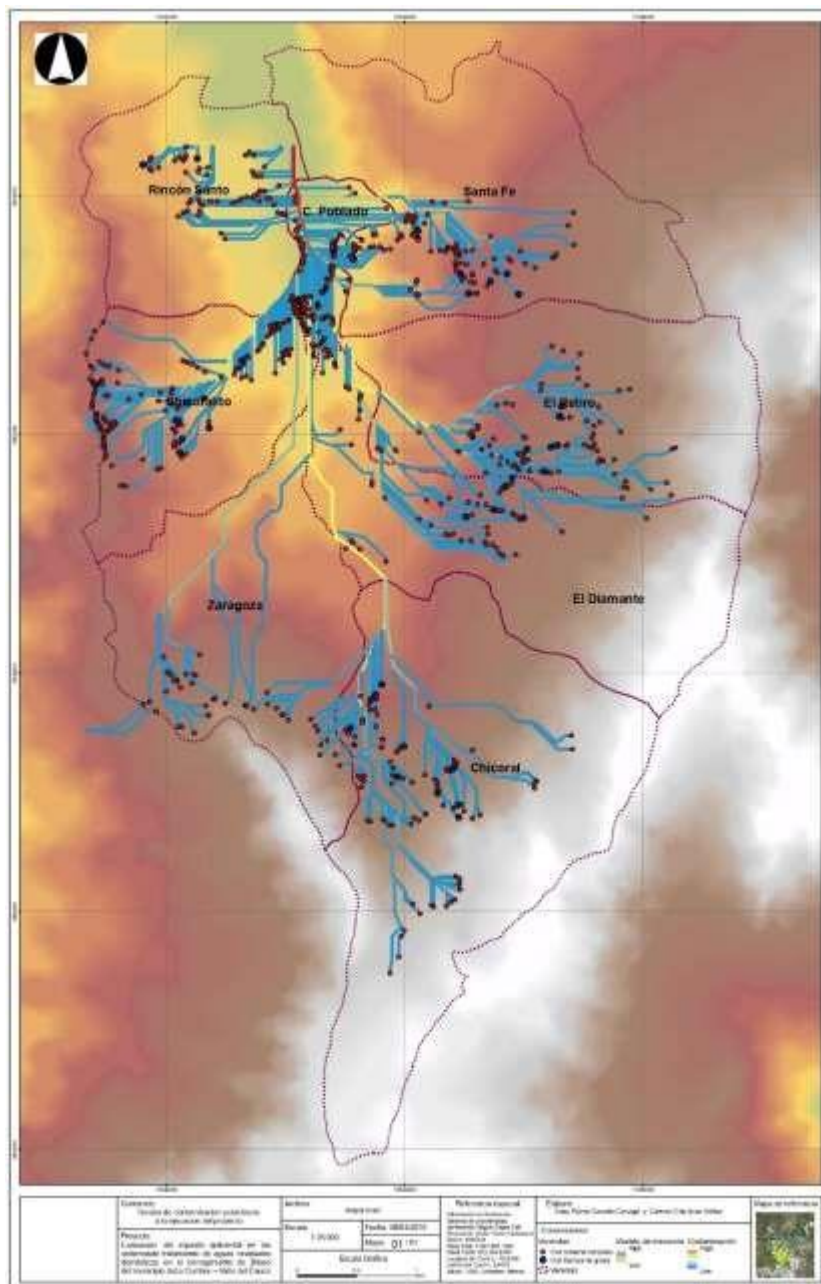


Figura 15. La figura ilustra el territorio del corregimiento de Bitaco con la cuenca hídrica del Río Bitaco a su vez la disminución de la cantidad de vertimientos después de la instalación de los STAR prefabricados. Fuente: Autoría propia.

A continuación, se pueden apreciar los sistemas de tratamiento de aguas residuales implementados en Bitaco (Ver Figura 18).



Figura 16. La figura ilustra los sistemas de tratamiento de aguas residuales que se han implementado en el corregimiento de Bitaco. Fuente: elaboración propia.

ANÁLISIS

En el primer escenario de evaluación y utilizando el método Arboleda el cual hace referencia al tipo de solución realizada por las familias (consistente en un hueco en tierra con tapa o sin esta, con vertimiento a campo abierto o a fuente hídrica), se contemplaron siete actividades que generan alteración al ambiente y a su vez enmarcadas en estas se identificaron 48 impactos ambientales, definiendo que las actividades con mayor impacto en su orden son: 25% disposición final del efluente con 10 impactos graves y 2 relevantes, 19% puesta en marcha del sistema con 7 impactos graves y 2 relevantes, 19% adecuación del terreno con 2 graves, 3 relevantes, 3 moderados y 1 irrelevante, 8% corte de guadua o madera con 3 impactos relevantes y 1 moderado, 10% excavaciones con 1 impacto grave, 3 impactos relevantes y 1 moderado, 13% instalación de tuberías con 1 grave, 1 relevante y 3 irrelevantes, 6% preparación y vaciado de concreto con 2 impactos moderados y 1 irrelevante (Ver Figura 19).



Figura 17. La figura ilustra las actividades de mayor impacto ambiental antes de la instalación de los STAR. Fuente: elaboración propia

A continuación, se pueden apreciar las actividades que reflejan un mayor impacto ambiental antes de instalar los STAR en Bitaco (Ver Figura 20).

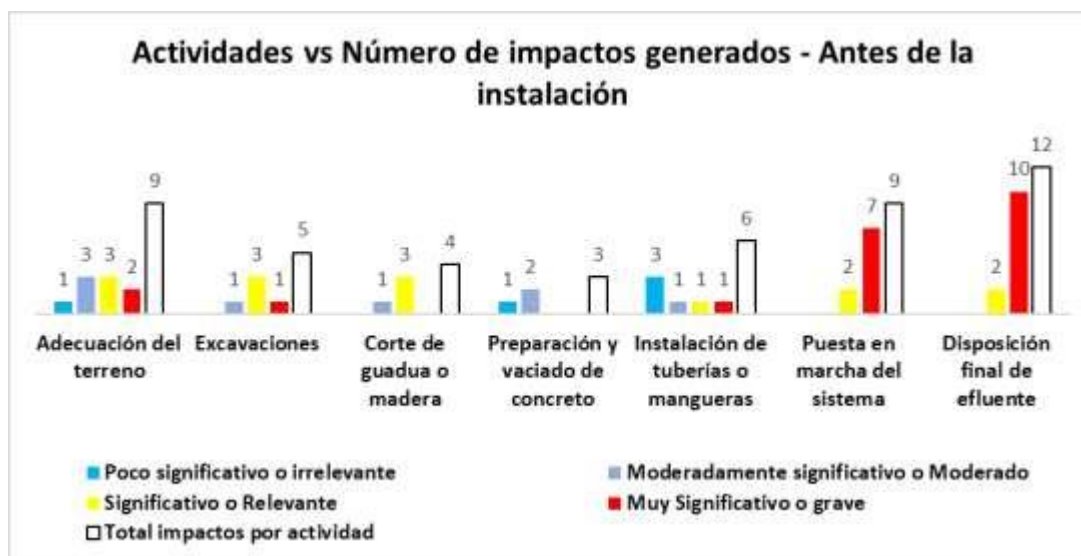


Figura 18. La figura ilustra las actividades que reflejan un mayor impacto ambiental antes de instalar los STAR. Fuente: elaboración propia

Con la información anteriormente suministrada se devela que los mayores impactos se dan en 3 actividades, en las cuales se concentran 21 impactos graves y 14 impactos relevantes, otro aspecto importante son los componentes ambientales que reciben estos impactos para el caso de análisis el componente edáfico, hídrico y social.

En el segundo escenario de evaluación donde la solución implementada consistente en trampa de grasas en la cual se separan las aguas jabonosas y la grasa, tanque séptico en el cual se sedimentan los sólidos contenidos en las aguas servidas transformándolos en lodos y gases, filtro anaeróbico donde se descomponen los residuos de materia orgánica que logran pasar el tanque séptico y disposición final pozo de absorción o campo de infiltración, se identificaron cinco actividades que generan modificación al ambiente y a su

vez enmarcadas en estas se identificaron 40 impactos ambientales, precisando que las actividades con mayor impacto en su orden son: 30% disposición final del efluente con 7 impactos moderados, 1 relevante y 4 irrelevantes, 23% puesta en marcha del sistema con 1 relevantes, 4 moderados y 7 irrelevantes, 20% adecuación del terreno con 2 relevantes, 4 moderados, 1 impacto grave y 1 irrelevante, 12% excavaciones con 5 impactos relevantes, 15% preparación y vaciado de concreto con 4 impactos irrelevantes y 2 moderados (Ver Figura 21)..

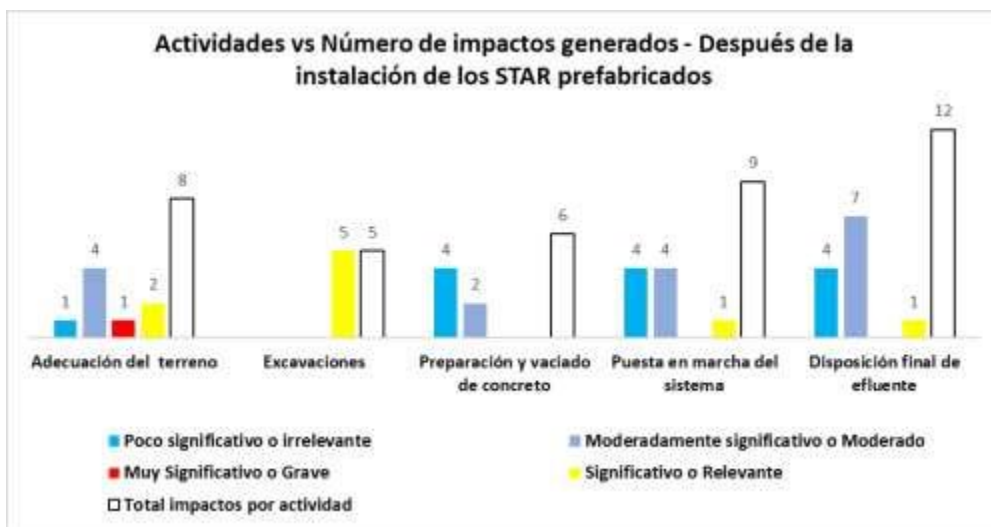


Figura 19. La figura ilustra las actividades que reflejan un mayor impacto ambiental después de instalar los STAR. Fuente: elaboración propia

De lo anterior es posible identificar que los impactos con mayor relevancia continúan relacionándose con las excavaciones, adecuación del terreno y puesta en marcha, sin embargo, el nivel de la calificación es menos grave.

Al observar los impactos generados en los procesos, antes de la implementación del STAR se tuvo que la mayor cantidad de impactos es provocada por la disposición final del efluente, donde se obtuvo un 25%, el segundo lugar con 19% es generado en la puesta y marcha del sistema de tratamiento y el 19% se da en la adecuación del terreno.

En la generación de impactos luego de instalar los STAR, se obtuvo que: el 30% de impactos se dio en la disposición final del efluente, aumentando en un 5% los impactos, si se compara con los impactos antes de los STAR. En cuanto a la puesta y marcha del sistema de tratamiento se alcanza un 23% de impactos, que al compararse con los generados antes del STAR, se ve un aumento del 4%. En cuanto a la adecuación del terreno los impactos representan un 20%, donde existe un aumento del 1%.

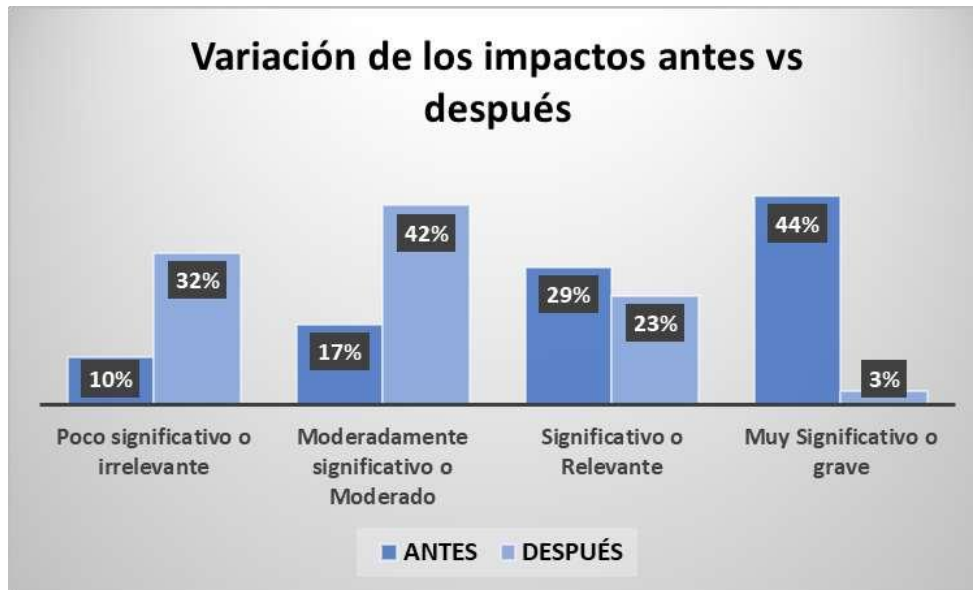


Figura 20. La figura muestra la variación de los impactos antes y después de la instalación de los STAR. Fuente: elaboración propia

Ahora bien, si se analizan los impactos según el nivel de importancia se observa lo siguiente: el escenario inicial tenía un 44% de impactos significativos o graves contra un 3% del después, vale la pena señalar que dentro de este impacto también se hace referencia a un impacto de clase “positivo” el cual hace inferencia a la disposición de las familias de destinar un terreno dentro de su predio para la ubicación del sistema de tratamiento de aguas residuales. Continuando con el orden de variación los impactos moderadamente significativos presenta una variación de 25 puntos porcentuales en cuanto que el antes tuvo una valoración de 42% y el después 17%. Seguidamente se encuentra los impactos poco significativos o irrelevantes los cuales varían veintidós puntos porcentuales con un antes del 32% y un después de 10% y por último los impactos significativos o relevantes con una variación del 6% con un antes del 29% y un después de 23% (Ver Figura 22).

Si se analiza la cantidad de impactos generados, sin tener en cuenta su nivel de impacto, se puede observar que hubo una disminución del 8.33% después de instalación de los STAR, ya que antes de la instalación se presentaban 48 impactos y después de la instalación 40 impactos.

Resultados finales

Una vez realizado el ejercicio de evaluación del impacto ambiental se logró obtener los dos resultados de las matrices, el antes y el después de la instalación de los STAR, con lo cual se evidenció una disminución y variación de importancia en los impactos generados durante el tratamiento y disposición de las aguas residuales domésticas en el corregimiento de Bitaco La Cumbre, en cuanto a que antes se tenían mayor número de impactos con una importancia que está catalogada como muy significativa o grave y después de la instalación se minimizó el número de impactos, y disminuyó el nivel de importancia a significativos y moderadamente significativos en su gran mayoría.

El desarrollo de la metodología Arboleda antes de la instalación de los STAR prefabricados permitió evidenciar que los impactos graves se centran en cuatro de las actividades evaluadas: puesta en marcha del sistema, disposición final, instalación de tuberías y adecuación del terreno. Esto debido a que las aguas residuales domésticas - ARD no cuentan con un tratamiento que permitiera disminuir su carga contaminante impactando directamente al ecosistema, fuentes hídricas las cuales reciben dichas aguas, a su vez intervienen la fauna y flora acuática así mismo las características físicas, químicas y organolépticas de las mismas, de igual forma la generación de olores ofensivos y el detrimento de la salud y calidad de vida de las personas.

Así mismo, la metodología Arboleda la cual se empleó para la evaluación de los impactos ambientales demostró que después de la instalación de los STAR prefabricados se generan impactos negativos, pero éstos son menores a los que se evidenciaron antes de ser instalados, los cuales se catalogaron como *moderadamente significativos*, desapareciendo

los impactos *muy significativos*, los cuales en el primer escenario eran 22, lo que hace ostensible la disminución.

Cabe resaltar que, con el tratamiento de las ARD con los sistemas prefabricados, el mejoramiento en las condiciones de vida de las familias se impactó positivamente, ya que se suprimieron situaciones de riesgo por contacto con esas aguas, la disminución de olores ofensivos, la proliferación de vectores y el mejoramiento paisajístico de los predios.

CONCLUSIONES

- Los sistemas de tratamiento de aguas residuales prefabricados son la mejor opción para el tratamiento de aguas residuales domésticas en el área rural de Bitaco, tomando en consideración que el difícil acceso a estas zonas limita la construcción y puesta en marcha de sistemas de saneamiento básico más complejos por parte de la administración municipal de La Cumbre.
- La implementación de los STAR prefabricados son una opción viable para las zonas rurales dispersas, ya que permite obtener una disminución ostensible del impacto generado por las aguas residuales.
- Los vertimientos directos e indirectos de las aguas residuales domésticas disminuyeron significativamente con la instalación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales prefabricados en el corregimiento de Bitaco, minimizando los impactos negativos al recurso hídrico y suelo por los vertimientos directos de las aguas residuales domésticas, teniendo en cuenta que su diseño está enmarcado dentro de la normativa nacional en la Resolución 0330 de 2017 por la cual se regula el reglamento de agua potable y saneamiento básico RAS en el cual se ilustran los parámetros de construcción de estos sistemas, como lo menciona la ficha técnica del constructor:
- Al implementar los STAR prefabricados las familias han logrado dar un manejo adecuado a las aguas residuales generadas en las viviendas, lo que aporta al cuidado del ambiente y a su calidad de vida, cumpliendo además con la normativa nacional.
- Se requiere diseñar un plan de manejo para mitigar o controlar los impactos aún existentes en la instalación de los STAR, en actividades como disposición final del

efluente (30%), puesta en marcha del sistema (22.5%), y adecuación del terreno (20%) y con acciones tales como reúso de tierra en zonas de jardín, árboles o cultivos, implementación de barreras para evitar el movimiento de tierra movida, cosecha de aguas lluvias.

- Es imperativo que las autoridades municipales y ambientales, igual que las organizaciones prestadoras del servicio público de acueducto presentes en el territorio, garanticen que las viviendas que se construyan tengan los sistemas de tratamiento de aguas residuales, para que la calidad de vida, social y ambiental de la zona no se vea afectada.
- El consentimiento y adaptabilidad a nuevas tecnologías por parte de las familias que decidieron instalar los STAR es de vital importancia para el mejoramiento de la cultura ambiental.

REFERENCIAS

- Agrícola Himalaya SA. (2013). *Datos climáticos hacienda Agrícola Himalaya*. La Cumbre, Colombia: Agrícola Himalaya.
- Ajover. (2017). *Ficha técnica sistema séptico ajover*. Recuperado de <http://www.ajover.co/wp-content/uploads/2016/08/fichatecnicasistemasepticoecoajoverajover.pdf>
- Albert – Palacios, L. (1997). *Introducción a la toxicología ambiental*. México: Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud.
- Alcaldía de La Cumbre. (2000). *Esquema de ordenamiento territorial*. La Cumbre, Colombia.: Alcaldía de La Cumbre.
- Arboleda, J. (2008). *Manual para la evaluación de impacto ambiental de proyectos, obras o actividades*. Medellín, Colombia: EPM.
- Asamblea general de las Naciones Unidas. (2015). *Resolución 70/1 de 2015 por medio de la cual se aprueba la agenda 2030 sobre el Desarrollo sostenible*. Nueva York.: Asamblea general de las Naciones Unidas.
- Asamblea Nacional Constituyente (1991). *Constitución política de Colombia de 1991*. Bogotá D.C.: Asamblea Nacional Constituyente.
- Camdessus, M., Badré, B., Chéret, I y Buchot. P. (2006). *Agua para todos*. Mexico: Editorial Fondo de la Cultura Económica.
- Canales, H. y Sevilla, A. (2016). *Evaluación del uso de microorganismos eficaces en el tratamiento de efluentes domésticos residuales del distrito de Pátapo (Tesis de pregrado*. Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo, Lambayeque, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/1092/BC-TES-5872.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Congreso de la República de Colombia (1979). *Ley 9 de 1979 por la cual se dictan medidas sanitarias*. Bogotá D.C.: Congreso de la República de Colombia.
- Congreso de la República de Colombia (1993). *Ley 99 de 1993 por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones*. Bogotá D.C.: Congreso de la República de Colombia.
- Congreso de la República de Colombia (1994). *Ley 142 de 1994 por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones*. Bogotá D.C.: Congreso de la República de Colombia.

Congreso de la República de Colombia (1997). *Ley 373 de 1997 por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua*. Bogotá D.C.: Congreso de la República de Colombia.

Consejo Nacional de Política Económica y Social (2002). *CONPES 3177 de 2002 acciones prioritarias y lineamientos para la formulación del plan Nacional de manejo de aguas residuales*. Bogotá D.C.: Consejo Nacional de Política Económica y Social.

Consejo nacional del medio ambiente, CONAMA (2005). *Resolución 357 de 2005 Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências*. Brasil.: Consejo nacional del medio ambiente de Brasil.

CORFOPAL. (2017). *Convenio CVC – CORFOPAL No.126 de 2017. Fortalecimiento de las capacidades de los actores institucionales en temas relacionados con la adaptación y mitigación al cambio climático e implementación de acciones en municipios priorizados del Valle del Cauca, Análisis de vulnerabilidad al cambio climático*.

Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca CVC. (2006). Plan de Manejo participativo de la Reserva Forestal de Bitaco.

Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca CVC. (2017). Plan de ordenamiento del recurso hídrico en el área de drenaje del río Bitaco y sus principales tributarios.

Crosara, A. (s, f). Contaminación de suelos. Recuperado de <http://www.edafologia.fcien.edu.uy/archivos/Suelos%20y%20problemas%20ambientales.pdf>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE]. (2017). *Encuesta Nacional de Calidad de Vida*. Recuperado de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/salud/calidad-de-vida-ecv/encuesta-nacional-de-calidad-de-vida-ecv-2017>

Departamento Nacional de Planeación, DNP. (s. f). Objetivos de Desarrollo Sostenible. Recuperado de <https://www.ods.gov.co/about>

Echarri, L. (1998). *Ciencias de la tierra y del medio ambiente*. Recuperado de <http://www4.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/11CAgu/100CoAcu.htm>

Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia, UNICEF. (s. f). *Problemática de Agua y Saneamiento relacionado a control de vectores*. Recuperado de https://www.unicef.org/ecuador/Problematica_de_Agua_y_Saneamiento_relacionado_a_vectores.pdf

- Fundación Agrícola Himalaya. (2018). *Informe Integral de resultados del ejercicio de línea de base socio- económico y ambiental / territorial del corregimiento de Bitaco, Municipio de La Cumbre. Colombia.*
- Lazcano, C. (2016). *Biotecnología ambiental de aguas y aguas residuales.* Perú: ECOE Ediciones.
- Lazcano, C. (2016). *Características de aguas residuales. (Ed.), Biotecnología ambiental de aguas y aguas residuales.* Perú: ECOE Ediciones.
- Ministerio de Ambiente de Perú. (2016). *Aprende a prevenir los efectos del Mercurio. Salud y ambiente.* Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/educacion/wp-content/uploads/sites/20/2017/02/Publicaciones-1.-Texto-de-consulta-M%C3%B3dulo-1-1.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia (2015). *Resolución 0631 de 2015 por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.* Bogotá D. C.: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia (2018). *Decreto 1090 de 2018 por el cual se adiciona el Decreto 1076 de 2015, Decreto único reglamentario del sector ambiente y desarrollo sostenible, en lo relacionado con el programa para el uso eficiente y ahorro de agua y se dictan otras disposiciones.* Bogotá D. C.: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia.
- Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial (2010). *Resolución 0610 de 2010. Por la cual se modifica la Resolución 601 del 4 de abril de 2006 de calidad del aire.* Bogotá D. C.: Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial.
- Ministerio de desarrollo económico de Colombia (2000). *Resolución 1096 de 2000 por la cual se adopta el Reglamento técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico.* Bogotá D.C.: Ministerio de desarrollo económico de Colombia. Bogotá D. C.: Ministerio de la protección social, ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial.
- Ministerio de la protección social, ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial (2017). *Resolución 2115 de 2007 por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.* Bogotá D. C.: Ministerio de la protección social, ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial.
- Ministerio de salud y protección social (2014). Referentes conceptuales y abordajes sobre determinantes ambientales. Recuperado de <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/referentes-conceptuales-abordajes-determinantes-ambientales.pdf>

- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (2017). Colombia supera la meta en el tratamiento de aguas residuales en el País. Recuperado de <http://www.minvivienda.gov.co/sala-de-prensa/noticias/2017/diciembre/colombia-supera-la-meta-en-el-tratamiento-de-aguas-residuales-en-el-pais>
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (2017). *Resolución 0330 de 2017 por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009*. Bogotá D. C.: Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (2018). *Resolución 0844 de 2018 por la cual se establecen los requisitos técnicos para los proyectos de agua y saneamiento básico de zonas rurales que se adelanten bajo los esquemas diferenciales definidos en el capítulo 1, del título 7, de la parte 3, del libro 2 del Decreto 177 de 2015*. Bogotá D. C.: Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio
- M. L. Murcia-Sarmiento, O. G. Calderón-Montoya, J. E. Díaz-Ortiz, “*Impacto de aguas grises en propiedades físicas del suelo*”, Tecno Lógicas, vol. 17, no. 32, pp. 57-65, 2014. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/teclo/v17n32/v17n32a06.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, UNESCO. (2017). *Informe Mundial sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas 2017: Aguas residuales, el recurso desaprovechado*. Recuperado de <http://www.unesco.org/new/es/natural-sciences/environment/water/wwap/wwdr/2017-wastewater-the-untapped-resource/>
- Organización Mundial de la Salud, OMS. (2018). *6 agua limpia y saneamiento. Progreso en el tratamiento de las aguas residuales*. Recuperado de <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/275972/9789243514895-spa.pdf?ua=1>
- Organización Mundial de la Salud, OMS. (s.f.). *Guías para la calidad del agua de consumo humano, cuarta edición que incorpora la primera adenda (capítulos). Aspectos Microbiológicos*. Recuperado de https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/gdwq-4-cap7-spa.pdf?ua=1
- Ovando., O. (2008). *Historia del municipio de La Cumbre 1537-2004 Pavas pueblo de indios*. Cali, Colombia: Anzuelo ético Ediciones.
- Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea (2000). *Directiva 2000/60/CE por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas*. Estrasburgo.: Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea.
- Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea (2006). *Directiva 2006/11/CE relativa a la contaminación causada por determinadas sustancias peligrosas vertidas en el*

medio acuático de la Comunidad. Estrasburgo.: Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea.

Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea (2006). *Directiva 2006/118/CE relativa a la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro*. Luxemburgo.: Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea.

Presidencia de la República de Colombia (1974). *Decreto 2811 de 1974 por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente*. Bogotá D.C.: Presidencia de la República de Colombia.

Presidencia de la República de Colombia (2010). *Decreto 3930 de 2010 por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones*. Bogotá D.C.: Presidencia de la República de Colombia.

Presidencia de la República de Colombia (2015). *Decreto 1076 de 2015 por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Bogotá D.C.: Presidencia de la República de Colombia.

Roto plast (s. f.). Sistema séptico domiciliario. [Imagen]. Recuperado de <http://www.rotoplast.com.co/sistema-septico-domiciliario/>

Secretaría de la convención de RAMSAR (2013). *Manual de la convención de RAMSAR*. Irán: Secretaría de la convención. Recuperado de <https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/manual6-2013-sp.pdf>

Sierra, C. A. (2011). *Calidad del Agua evaluación y diagnóstico*. Medellín, Colombia: Ediciones de la U.

UNESCO. (1992). Declaración de Río sobre el medio ambiente y el desarrollo. Recuperado de http://www.unesco.org/education/pdf/RIO_S.PDF

UN -Water. (2017). *Guía para el monitoreo integrado del Objetivo de Desarrollo Sostenible 6 sobre agua y saneamiento. Metas e indicadores mundiales*. Recuperado de http://www.unwater.org/app/uploads/2017/09/ES_G2_SDG-6-targets-and-indicators_Version-2017-07-14.pdf.

Vivanco, E., Yaya, R y Chamy, R. (s, f). *Manual técnico sobre tecnologías biológicas anaerobias aplicadas al tratamiento de aguas y residuos industriales*. Recuperado de http://www.cytcd.org/sites/default/files/tratamiento_anaerobio_de_aguas_residuales.pdf