

**República Dominicana**  
**Universidad Tecnológica del Cibao Oriental**  
**Facultad de Postgrado**



**Facultad de Postgrado y Educación Continuada**  
**Departamento de Postgrado**

Trabajo para optar por el título de Magister en Gestión y Auditoría Ambiental

**Título:**

Humedales artificiales como alternativas de saneamiento de las aguas residuales de las  
cañadas del municipio de Cotuí

**Sustentantes:**

Maryelin Eleniza Cuevas González  
Evianny Mercedes Figueroa García

**Asesor:**

Ing. Yenny Altagracia Rodríguez Encarnación

Cotuí, Provincia Sánchez Ramírez  
Año Académico 2023.

**HOJA DE EVALUACIÓN****Maryelin Eleniza Cuevas González**

Sustentante

**Evianny Mercedes Figueroa García**

Sustentante

**Ing. Yenny Altagracia Rodríguez Encarnación**

Asesor

**Lic. Kenia Cruz**

Jurado Evaluador

**Lic. Altagracia J. Suarez**

Jurado Evaluado

**Ing. Sumara Borromé de Real**

Jurado Evaluador

**Lic. Yuderka Reyes**

Directora Escuela Postgrado

**Lic. Dionicio Ripoll**

Decano de la Facultad de Postgrado y Educación Continuada

**Calificación \_\_\_\_\_**

**TÍTULO:**

**HUMEDALES ARTIFICIALES COMO ALTERNATIVAS DE SANEAMIENTO  
DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LAS CAÑADAS DEL MUNICIPIO DE  
COTUÍ**

### **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

Los conceptos emitidos en el presente trabajo de post-grado titulado “HUMEDALES ARTIFICIALES COMO ALTERNATIVAS DE SANEAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LAS CAÑADAS DEL MUNICIPIO DE COTUÍ” son responsabilidad de los sustentantes del mismo. Las citas y consultas bibliográficas se han realizado respetando el derecho de autor; por tanto, se libera a la Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO) de su responsabilidad, sin embargo, para la reproducción total o parcial se requiere de su autorización.

#### **Sustentantes:**

**Evianny Mercedes Figueroa García**

**Maryelin Eleniza Cuevas González**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

|                                                                                                                           |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>HOJA DE EVALUACIÓN.....</b>                                                                                            | <b>II</b>  |
| <b>TÍTULO:.....</b>                                                                                                       | <b>III</b> |
| <b>DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....</b>                                                                                        | <b>IV</b>  |
| <b>RESUMEN.....</b>                                                                                                       | <b>XIV</b> |
| <b>CAPÍTULO I.....</b>                                                                                                    | <b>1</b>   |
| <b>INTRODUCCIÓN.....</b>                                                                                                  | <b>1</b>   |
| 1.2 Antecedentes .....                                                                                                    | 2          |
| 1.3 Planteamiento del problema.....                                                                                       | 5          |
| 1.4 Justificación .....                                                                                                   | 6          |
| 1.5    Objetivos .....                                                                                                    | 7          |
| 1.5.1 Objetivo general.....                                                                                               | 7          |
| 1.7 Alcances y límites de la investigación. ....                                                                          | 8          |
| <b>CAPÍTULO II .....</b>                                                                                                  | <b>10</b>  |
| <b>REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>                                                                                       | <b>10</b>  |
| 2.3.1 Ubicación .....                                                                                                     | 13         |
| 2.3.1.2 Geografía:.....                                                                                                   | 15         |
| 2.3.1.3 Condiciones del terreno en el área de estudio.....                                                                | 15         |
| 2.3.1.4 Población .....                                                                                                   | 16         |
| 2.3.2 Selección de la tecnología .....                                                                                    | 16         |
| 2.3.2.1 Tipos de humedales artificiales .....                                                                             | 17         |
| 2.3.3 Impactos de las aguas residuales:.....                                                                              | 23         |
| 2.4.1 Ley General sobre Medio Ambiente y Recursos Naturales.....                                                          | 25         |
| 2.4.2 Normas de las aguas residuales.....                                                                                 | 26         |
| <b>CAPÍTULO III.....</b>                                                                                                  | <b>32</b>  |
| <b>METODOLOGÍA.....</b>                                                                                                   | <b>32</b>  |
| 3.1 Introducción.....                                                                                                     | 32         |
| 3.2    Diseño de investigación .....                                                                                      | 32         |
| 3.3 Tipo de investigación .....                                                                                           | 32         |
| 3.4 Enfoque de investigación .....                                                                                        | 33         |
| 3.5 Población y muestra.....                                                                                              | 33         |
| 3.6 Métodos, técnicas e instrumentos de investigación.....                                                                | 34         |
| 3.6.1 Recolección de datos .....                                                                                          | 34         |
| 3.7 Métodos y técnicas de análisis de datos.....                                                                          | 36         |
| <b>CAPÍTULO IV .....</b>                                                                                                  | <b>38</b>  |
| <b>PRESENTACIÓN DE RESULTADOS .....</b>                                                                                   | <b>38</b>  |
| 4.1 Introducción.....                                                                                                     | 38         |
| 4.2 Delimitar las principales cañadas del municipio de Cotuí .....                                                        | 38         |
| 4.3 Proponer una alternativa factible para el saneamiento de las aguas residuales en las cañadas del municipio Cotuí..... | 42         |

|                                                                                                                                       |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.4 Analizar los impactos que generan las aguas residuales vertidas en las cañadas del municipio Cotuí. ....                          | 43        |
| <b>CAPÍTULO V.....</b>                                                                                                                | <b>49</b> |
| <b>ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....</b>                                                                                                | <b>49</b> |
| 5.1. Introducción.....                                                                                                                | 49        |
| 5.2 ¿Cuáles son los límites de las principales cañadas del municipio de Cotuí? ...                                                    | 49        |
| 5.3 ¿Cuál sería el tipo de humedal más factible para el saneamiento de las aguas residuales en las cañadas del municipio Cotuí? ..... | 49        |
| 5.4 ¿Cuáles son los impactos que generan las aguas residuales vertidas en las cañadas del municipio de Cotuí? .....                   | 51        |
| 5.5 Conclusiones .....                                                                                                                | 51        |
| 5.6 Recomendaciones .....                                                                                                             | 53        |
| <b>Bibliografía .....</b>                                                                                                             | <b>63</b> |

## ÍNDICE DE CUADROS

|                                                                                                                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Cuadro 1: Factores Ambientales                                                                                                                                                   | 36 |
| Cuadro 2: Conesa (2010), que aplicó para determinar el nivel de impacto de las aguas residuales vertidas a las cañadas del municipio de Cotuí, 2023.                             | 50 |
| Cuadro 3: Matriz de Leopold para los impactos que generan las aguas residuales vertidas en las cañadas del municipio Cotuí, provincia Sánchez Ramírez República Dominicana, 2023 | 56 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura: 1 Ubicación geográfica de la zona de estudio, delimitando la provincia Sánchez Ramírez y posteriormente el municipio de Cotuí |    |
| Figura: 2: Imagen satelital, representando las principales cañadas del municipio de Cotuí.<br>Fuente: Google Earth                    | 52 |
| Figura: 3: Imagen satelital, representando la cañada Hicaco del municipio de Cotuí.<br>Fuente: Google Earth.                          | 53 |
| Figura: 4: Imagen satelital, representando la cañada Tauique del municipio de Cotuí.<br>Fuente: Google Earth.                         | 54 |
| Figura: 5: Imagen satelital, representando la cañada Librada del municipio de Cotuí.<br>Fuente: Google Earth.                         | 55 |

## ÍNDICE DE GRAFICOS

|                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gráfico 1: No. 1: Conocimiento del término aguas residuales .....                   | 44 |
| Gráfico 2:No. 2: Sistema cloacal .....                                              | 45 |
| Gráfico 3:No. 3: Destino de las aguas residuales .....                              | 45 |
| Gráfico 4:No. 4: Impacto de las aguas residuales al ambiente .....                  | 46 |
| Gráfico 5:No. 5: Aguas residuales no tratadas.....                                  | 46 |
| Gráfico 6:No. 6: Información para el manejo las aguas residuales. ....              | 47 |
| Gráfico 7:No. 7: Solución a la problemática que presentan las aguas residuales..... | 47 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|                                                                                                                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Anexo 1: Identificación de impactos ambientales                                                                                                                                       | 67 |
| Anexo 2: Ubicación geográfica de las principales cañadas con sus respectivas coordenadas y extensión.                                                                                 | 68 |
| Anexo 3: Calificación de Conesa, 2010                                                                                                                                                 | 68 |
| Anexo 4: Situación actual de la cañada Hicaco, UTM Zona 19N Coordenadas 379547N; 2106267E                                                                                             | 70 |
| Anexo 5: Situación actual de la cañada Hicaco, punto de observación donde el factor aire estuvo una importancia moderada con rango elevado UTM Zona 19N Coordenadas 379660N; 2106733E | 71 |
| Anexo 6: Situación actual de la cañada Tauique, UTM Zona 19N Coordenadas 379071N; 21077631E.                                                                                          | 72 |
| Anexo 7: Situación actual de la cañada Librada, específicamente a 40 metros de su desembocadura hacia el río Capacho, UTM Zona 19N Coordenadas 378846N; 2108702E.                     | 73 |

### **Agradecimientos**

**A Dios:** Por haber permitido llegar hasta este punto y dar la salud para lograr este importante objetivo, además de su infinita bondad y amor.

**A la Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO):** Por ser el alma máter, por permitirnos ser parte de su gran familia, por abrir las puertas de su seno científico para estudiar y lograr el nivel desarrollo.

**A la Ing. Yenny Altagracia Rodríguez Encarnación:** asesora de este Trabajo de Post-Grado por su extensa colaboración, orientación, ayuda y amistad brindada para el desarrollo de este proyecto,

**A: Los profesores de la Maestría en Gestión y Auditoría Ambiental:** por sus grandes aportes y conocimientos.

**A: Los compañeros de la Maestría en Gestión y Auditoría Ambiental:** en especial a aquellos que hicieron placentero cada periodo académico.

Evianny Mercedes Figueroa García

Maryelin Eleniza Cuevas González

### **Dedicatoria**

**A Dios:** Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

**A Josefa García,** madre, por ser un ejemplo a seguir, por brindar tu apoyo en todo momento, quiero que sepas que eres la mejor madre del mundo y eres el pilar más importante de mi vida. Eres mi vida.

**A Ercido Figueroa,** padre, por brindarme siempre tu apoyo, por tus buenos consejos, gracias por estar para mí.

**A Anderson, Stefany y Edinson,** mis hermanos por formar parte de mi vida, celebrar los logros y dar animo en momentos difíciles, los quiero mucho.

**A Dios:** Por haber permitido llegar hasta este punto y dar la salud para lograr este importante objetivo, además de su infinita bondad y amor.

**A la Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO):** Por ser el alma máter, por permitirme ser parte de su gran familia, por abrir las puertas de su seno científico para estudiar y lograr el nivel desarrollo.

**A la Ing. Yenny Altagracia Rodríguez Encarnación:** asesora de este Trabajo de Post-Grado por su extensa colaboración, orientación, ayuda y amistad brindada para el desarrollo de este proyecto.

**A: Los profesores de la Maestría en Gestión y Auditoría Ambiental:** por sus grandes aportes y conocimientos.

**A: Los compañeros de la Maestría en Gestión y Auditoría Ambiental:** en especial a aquellos que hicieron placentero cada periodo académico a Zicri, Ruth y Ángel.

Evianny Mercedes Figueroa García

### **Dedicatoria**

**A Dios:** por siempre guiarme por el camino correcto, por ser mi fortaleza, por permitirme la oportunidad de tener una maravillosa familia que siempre ha creído en mí, y enseñarme que con esfuerzo y dedicación todo es posible.

**A mis padres:** Luis Francisco Cuevas Plata y Elena González gracias papi y mami por siempre creer en mí y brindarme siempre su apoyo incondicional para que yo cada día sea mejor persona.

**A mis hermanas/os:** Liliana Carolina, Estephany y Henry Francisco Cuevas González gracias por siempre estar ahí y brindarme su apoyo incondicional, hermano/as de mi alma.

**A mi Hijo:** Luis Elian González Cuevas, hijo de mi alma gracias por tu vida y ser mi motivo de inspiración de seguir luchando día a día.

**A mis sobrinos:** Antoniell , Enmanuel, Anniel, Emil, y la princesa Sairet gracias por darle color a mis días con sus ocurrencias y su amor.

**A mi compañera de tesis:** Evianny Mercedes Figueroa García gracias por creer en mí para vivir juntas esta gran experiencia de trabajar este gran proyecto que nos dejó tantas enseñanzas.

**A mis compañeros de maestría:** Wilfredo, Rosanna, Ángel, Zicri, Ruth, Leydi, Tania, Juana, Acencion, Roasida, Elvany Sofia, Evianny, gracias por compartir conmigo esta gran experiencia y a la vez tan bonita.

Maryelin Eleniza Cuevas González

## RESUMEN

En el presente trabajo titulado humedales artificiales con alternativa de saneamiento de aguas residuales en las principales cañadas del municipio de Cotuí, donde se delimitan las 3 principales cañadas que rodean los principales barrios del municipio de Cotuí.

Según informes la gestión de aguas residuales de la república dominicana, en el país existe una deficiente gestión en lo que el manejo de las aguas residuales que son vertidas en las diferentes cañadas, impactando negativamente en la salud y el medio ambiente.

Una de las decisiones más importantes cuando se planifica un proyecto de saneamiento es la selección de tecnología, ya que la adopción de un sistema inapropiado pone en riesgo su sostenibilidad. La selección de tecnología debe ser un proceso participativo desde el diagnóstico de la situación actual, la identificación de prioridades, la formulación de alternativas de solución y la escogencia de la mejor opción que permita responder a la demanda de saneamiento de la población; planteando soluciones que consideren de manera integral los aspectos socioeconómicos, culturales, ambientales, institucionales, político y jurídicos de los usuarios potenciales (Aragón, 1999).

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

#### **1.1. Importancia**

La contaminación ha ido en aumento en las últimas décadas, han propiciado daños considerables al suelo, aire, y agua, deteriorando al medio ambiente, propiciando la pérdida de la biodiversidad y poniendo en riesgo la salud de toda la población en general.

Por esta razón una de las problemáticas a remediar en la actualidad es la contaminación del agua; su tratamiento y recurso, utilizando métodos que benefician y/o erradiquen el control de la contaminación, que ha ido aumentando debido al crecimiento de la población a nivel mundial. El abastecimiento del recurso se ha convertido en un problema debido a las necesidades crecientes que tienden a cubrir el volumen y la densidad del agua, a la vez la tendencia en crecimiento de la generación de aguas residuales.

Es importante destacar que la utilización sin regulación y la gestión deficiente de desechos son los factores predominantes que provocan una sobrecarga significativa de agentes contaminantes en las aguas servidas, los cuales impactan negativamente en los hábitats acuáticos, tales como arroyos, costas y lagos. Por consiguiente, con el fin de gestionar su polución, se han creado diversas tecnologías de tratamiento.

Una de las alternativas que más se han impulsados es la aplicación de los humedales artificiales, estos sistemas son una representación a escala de los

ecosistemas naturales que utilizan macrófitas para la remoción de nutrientes del agua residual, no requieren energía fósil para su inversión, construcción, mantenimiento y operación, son considerablemente bajos comparados con los sistemas de tratamientos convencionales.

Por consecuencia, la aplicación de los humedales artificiales se ha expandido significativamente, para tratar efluentes agrícolas, industriales, drenajes de minas, lixiviados de vertederos, aguas contaminadas de ríos y lagos, escorrentía urbana de autopistas bajo diversidad de condiciones climáticas, amigables con el ambiente y con capacidad de reducir significativamente la carga de contaminación de estos afluentes.

El propósito de la presente investigación es evaluar la capacidad que tiene un humedal artificial de flujo superficial para el tratamiento de aguas residuales provenientes de las cañadas que reciben el nombre de afluentes de Cotuí, municipio cabecera.

La importancia de los humedales ha venido con el tiempo. En el periodo carbonífero, es decir, hace 350 millones de años cuando predominaban los ambientes pantanosos, los humedales produjeron y conservaron muchos combustibles fósiles de lo que hoy dependemos.

## **1.2 Antecedentes**

Los humedales artificiales vislumbran una buena alternativa en el campo de las aguas residuales, siendo soluciones integrales, con altas eficiencias y bajos costos de remoción. De esta manera se recopilan selectivamente 4 metodologías propuestas por diferentes autores para estimar el área superficial de humedales subsuperficiales tanto

horizontales como verticales y así comparar los parámetros de diseño utilizados por cada autor o referencia. Se concluye que tanto Kadlec como Reed – RAS 2017 son las referencias más recomendadas para el diseño de humedales artificiales debido a la similitud de resultados y aplicabilidad en casos prácticos, además porque emplean variables tales como las constantes biocinéticas de primer orden, la porosidad del medio granular o soporte del material vegetal, concentración de fondo, el caudal de entrada al sistema y las concentraciones de entrada y salida en términos de DBO<sub>5</sub>, dichas variables son importantes desde el punto de vista hidráulico y de costos de constructivos, ya que estas influyen en la viabilidad económica de los humedales artificiales para la implementación de estos como alternativa de tratamiento de las aguas residuales. (Wilson J. Asprilla, 2020).

En la actualidad existe una gran presión sobre los recursos hídricos a nivel mundial; según la UNESCO (2003) el 69% del agua dulce disponible en el planeta se destina a la agricultura, el 23% representa a la industria y el 8% al consumo doméstico. El presente trabajo de investigación pretende evaluar la efectividad de humedales artificiales en unidades básicas de saneamiento en la localidad de Campo Alegre – Bagua Grande; aportando de esta manera en la necesidad legal y ambiental de conservar el agua y usarla sin riesgo alguno, sobre todo en zonas rurales y comunidades pequeñas. (Br. Aguilar Saldaña, 2021).

El tratamiento de aguas residuales por medio de los humedales artificiales se utiliza como una tecnología verde que surge de la necesidad de replicar los beneficios ecosistémicos de los humedales naturales para tratar diversos afluentes de aguas residuales. Este trabajo presenta una revisión

bibliográfica acerca de los diferentes tipos de humedales artificiales y sus procesos depurativos. Si bien existen muchos estudios sobre humedales artificiales, es necesario realizar una sinergia de dicha información. No obstante, aunque los humedales artificiales son una frecuente práctica de gestión para la mitigación de contaminantes provenientes de escorrentía agrícola y municipal, en muchos países faltan estudios comparativos sobre su eficiencia depurativa y el mantenimiento a los mismos, así como profundizar en la investigación de sustratos alternativos y detallar medidas preventivas para la evitar la colmatación del sustrato. (Arteaga-Cortez, Quevedo-Nolasco, Valle-Paniagua, & Castro-Popoca, 2019).

En la República Dominicana el 96.2% de aguas residuales son descargadas al subsuelo y al mar sin ningún tipo de tratamiento, contaminando el agua y el ambiente. Esto es un problema que no podemos dejar pasar ya que de seguir haciéndolo así sería una bomba de tiempo para la salubridad y el bienestar de los ciudadanos. Jake Kheel, director de la Fundación Ecológica Punta Cana, afirma que la importancia fundamental de este proyecto radica en que en República Dominicana no hay muchos ejemplos de tratamiento de aguas residuales a nivel comunitario. “En la zona hay negocios, hoteles y empresas que tratan su agua, pero esto no se ve en las comunidades, lo cual es algo crítico, porque especialmente en el Este, todo dependemos del agua potable que emana del subsuelo” Abikarram Estrella, Y. A., & Batista Núñez, J. C. (2016).

Los humedales como marismas, pantanos o ciénegas son ecosistemas que surgen cuando la saturación del terreno por agua produce sustratos hídricos

(dominados por procesos anaeróbicos) y permite el establecimiento de biota, principalmente plantas enraizadas, con adaptaciones para tolerar la anegación (Keddy, 2004).

### **1.3 Planteamiento del problema**

El problema que presentan las aguas residuales en la República Dominicana es un tema importante y complejo que abarca una serie de desafíos ambientales, sanitarios y socioeconómicos. Está estrechamente relacionado con la gestión de los residuos sólidos que es uno de los temas más trascendentales a nivel mundial, en segunda instancia el papel que juega la educación ambiental en las escuelas y liceos, por último, pero no menos importante mano firme de las autoridades gubernamentales.

Las aguas residuales, si no se reciben un tratamiento adecuado, pueden contener una variedad de contaminantes dañinos para el medio ambiente y en especial para los seres humanos como lo es la presencia de microorganismos patógenos, bacterias, virus y parásitos, que representan un riesgo para la salud humana., Además de contener metales pesados, productos químicos tóxicos, y otros elementos perjudiciales para el medio ambiente. Cuando estas aguas residuales llegan a masas de agua como ríos, lagos o mares, pueden causar la contaminación del agua y dañar los ecosistemas acuáticos.

Uno de los principales problemas ambientales del municipio de Cotuí lo constituyen las descargas de aguas residuales directamente a las cañadas sin ser tratadas. Como consecuencia a estas debilidades las cañadas se están convirtiendo en sistemas cloacales y vertederos improvisados en las que

enfermedades como dengue se propagan rápidamente de acuerdo a la extensión de las aguas. A medida que la población ha ido aumentando, la demanda y el uso de este recurso se han vuelto desordenados e insostenibles.

Afortunadamente, existen estrategias preventivas y correctivas que están enfocadas al control y saneamiento de las cañadas y aguas residuales implementando los humedales artificiales, estos métodos se enfocan en la reducción y las acciones de origen externo.

En este estudio de investigación se plantea las siguientes preguntas de investigación:

1. ¿Cuáles son los límites de las principales cañadas del municipio de Cotuí?
2. ¿Cuál sería el tipo de humedal más factible para el saneamiento de las aguas residuales en las cañadas del municipio Cotuí?
3. ¿Cuáles son los impactos que generan las aguas residuales vertidas en las cañadas del municipio de Cotuí?

#### **1.4 Justificación**

Las aguas residuales de cañadas han sido una problemática inevitable y mortal para el ser humano, si no se le da un correcto procesamiento dichas aguas pueden provocar una modificación drástica al ecosistema, contaminación al medio ambiente y enfermedades severas para los seres vivos producto de los elementos que contienen, las sustancias orgánicas y los minerales que vienen de la materia fecal y los desechos sólidos que se vierten en las cañadas. En las

aguas residuales se puede encontrar materia orgánica, residuos vegetales, animales, gases, aceites, entre otros elementos de contaminación. Los componentes microbiológicos de las aguas residuales son de vital importancia el comentarlos en esta investigación, exclusivamente las bacterias, ya que se está hablando de una alternativa para el tratamiento de estas aguas que suelen producirse especialmente de las heces fecales.

En las últimas décadas ha aumentado el uso de los humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales, ya que estos presentan una serie de ventajas relacionándolos con sistemas tradicionales como por ejemplo el consumo energético, el coste de inversión y mantenimiento de las instalaciones. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en su indicador número 6 "Agua limpia y saneamiento" de la importancia de garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento de las mismas al tener agua libre de impurezas y accesible para todos es vital para los seres vivos.

La escasez de agua potable y limpia crea la necesidad de tratar las aguas residuales que se encuentran a nivel nacional utilizando métodos ideales para su integración al ciclo natural.

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo general**

Proponer el uso de humedales artificiales como una alternativa para saneamiento de las aguas residuales vertidas en las cañadas del municipio de Cotuí.

### 1.5.2 Objetivos específicos

- Delimitar las principales cañadas del municipio de Cotuí.
- Proponer el tipo de humedal artificial más factible para el saneamiento de las aguas residuales vertidas en las cañadas del municipio Cotuí
- Analizar los impactos que generan las aguas residuales vertidas en las cañadas del municipio de Cotuí.

### 1.6 Operacionalización de las variables

| Objetivo                                                                                                                           | Variables                        | Definición                                                                                                                       | Dimensión                                   | Indicadores                                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| Delimitar las principales cañadas del municipio de Cotuí                                                                           | Principales cañadas              | Es el punto de partida y ubicación de una corriente de agua                                                                      | Corriente superficial                       | -Área                                                                 |
| Proponer el tipo de humedal artificial más factible para el saneamiento de las aguas residuales en las cañadas del municipio Cotuí | Método de saneamiento            | Sistema de tratamiento de una corriente del agua con el objetivo de cumplir con los estándares establecidos para cada parámetro. | Flujo superficial del agua                  | -Vegetación                                                           |
| Analizar los impactos que generan las aguas residuales vertidas en las cañadas del municipio Cotuí.                                | Impactos de las aguas residuales | Modificación del estado natural de cualquier factor ambiental.                                                                   | Medio físico y Medio biótico y medio social | -Salud humana<br>-Flora<br>-Fauna<br>-Suelo<br>-Aire o gases<br>-Agua |

### 1.7 Alcances y límites de la investigación.

**Campo:** Ambiental

**Área:** Gestión ambiental

**Aspectos:** Gestión de Aguas Residuales.

**Delimitación espacial:**

El proyecto de investigación se desarrolló en las principales cañadas del municipio Cotuí, provincia Sánchez Ramírez.

**Delimitación temporal:**

La investigación tuvo una duración de 3 meses desde Junio a Agosto del 2023.

## **CAPÍTULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

#### **2.1 Introducción**

En este capítulo se presenta la revisión literaria que sustenta las variables e indicadores de la investigación, con la finalidad de proponer humedales artificiales como alternativas de tratamiento de las aguas residuales que son vertidas a las cañadas del municipio de Cotuí. Todos los conceptos que están plasmado en este capítulo fueron consultados de fuentes oficiales y citados.

#### **2.2 Definición de términos**

**Aguas residuales municipales:** Consultada principalmente por aguas residuales domésticas, comerciales e institucionales, y aguas industriales de características equiparables a las domésticas o que has recibido un adecuado pretratamiento (Normas: NA-04. Norma Ambiental sobre Control de Descargas a Aguas Superficiales, Alcantarillado Sanitario y Aguas Costeras).

**Agua superficial:** Agua que influye o se almacena sobre la superficie del terreno, tales como ríos, lagos, lagunas, arroyos y embalses (Normas: NA-04. Norma Ambiental sobre Control de Descargas a Aguas Superficiales, Alcantarillado Sanitario y Aguas Costeras).

**Calidad del agua:** Relación de parámetros físicos, químicos y biológicos que define la composición, grado alteración, y la utilidad del cuerpo hídrico (Normas: NA-04. Norma Ambiental sobre Control de Descargas a Aguas Superficiales, Alcantarillado Sanitario y Aguas Costeras).

**Agua residual:** Agua cuya composición y calidad original han sido afectadas como resultado de su utilización. En función de su origen, se definen como la combinación de los residuos líquidos, o aguas portadoras de residuos, procedentes tanto de residencias como de instituciones públicas y privadas, establecimientos industriales y comerciales, a los que puede agregarse, eventualmente, aguas subterráneas, superficiales y pluviales.

**Contaminación del agua:** Acción y/o efecto de introducir en el agua, elementos, compuestos, materiales o formas de energía, que alteran la calidad de ésta para usos posteriores, que incluyen el uso humano y la función ecológica. La contaminación del agua altera sus propiedades físico-químicas y biológicas de forma que puede producir daño directo o indirecto a los seres humanos y al medio ambiente. (MIMARENA, 2003).

**Coliformes fecales:** Grupo de bacterias asociadas a la flora intestinal de los animales de sangre caliente, utilizados como indicadores para determinar la calidad bacteriológica de los efluentes de los sistemas de tratamiento de aguas residuales (Normas: NA-04. Norma Ambiental sobre Control de Descargas a Aguas Superficiales, Alcantarillado Sanitario y Aguas Costeras).

**Cuerpo receptor:** Es el ecosistema donde tienen destino final las aguas residuales ya tratadas previamente, como resultado de procesos de depuración. Pueden ser cuerpos receptores las fuentes de agua dulce superficiales, el océano, los suelos y estructuras geológicas estables (Merejo, Reyes, & Balbi, 2010).

**Demanda bioquímica de oxígeno (DBO):** Medida indirecta del contenido de materia orgánica biodegradable, expresada mediante la cantidad de oxígeno

necesaria para oxidar biológicamente la materia organizada en una muestra de agua, a temperatura estandarizada de 20°C. Si la medición se realiza al quinto día, el valor se conoce como DBO5 (Normas: NA-04. Norma Ambiental sobre Control de Descargas a Aguas Superficiales, Alcantarillado Sanitario y Aguas Costeras).

**Demanda** química de oxígeno (BQO): Medida indirecta del contenido de materia orgánica e inorgánica oxidable, mediante el uso de un fuerte oxidante en una muestra de agua (Normas: NA-04. Norma Ambiental sobre Control de Descargas a Aguas Superficiales, Alcantarillado Sanitario y Aguas Costeras).

**Efluente:** Son las aguas que fluyen fuera de una planta de tratamiento y cuya disposición final es el cuerpo receptor (Merejo, Reyes, & Balbi, 2010).

**Estudio de impacto ambiental:** conjunto de actividades técnicas y científicas destinadas a la identificación, predicción y control de los impactos ambientales de un proyecto y sus alternativas, presentado en forma de informe técnico y realizado según los criterios establecidos por las normas vigentes. (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2014).

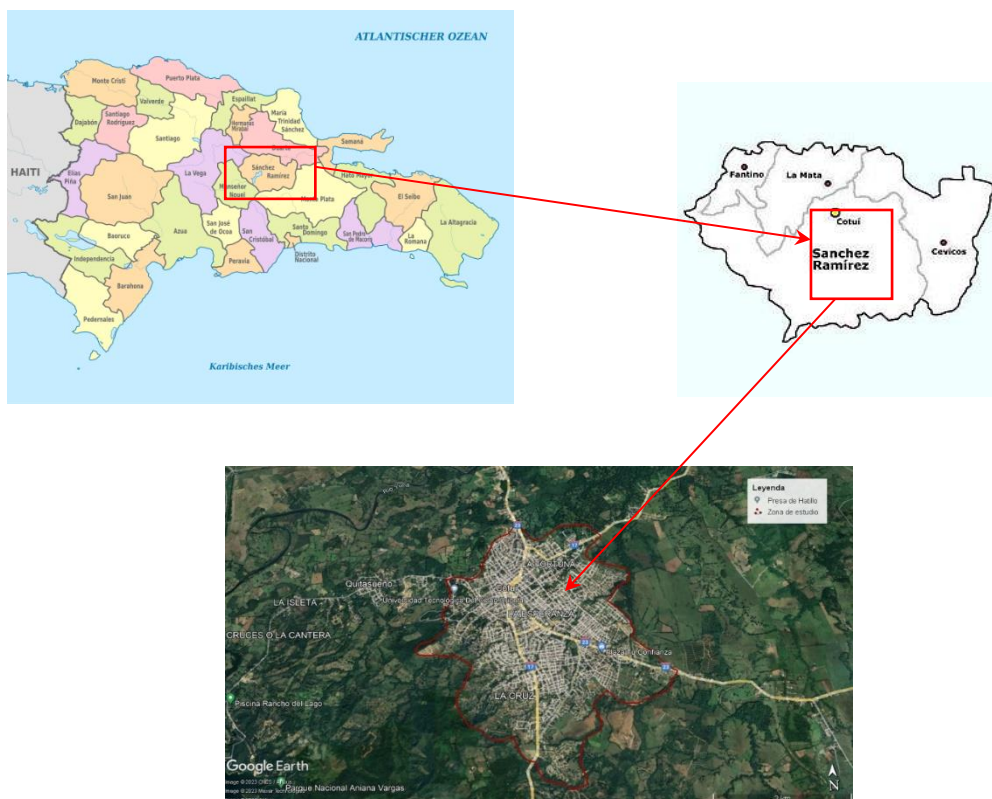
**Oxígeno disuelto (OD):** Factor que indica la potencialidad de respiración de los organismos acuáticos. Su disminución (ausencia de oxígeno) promueve procesos anaerobios, anulando la probabilidad de actividades de fauna ictícola y otros seres acuáticos. Cualquier actividad de organismos aerobios, requiere un mínimo de oxígeno en los cuerpos de agua, estableciéndose límites no inferiores a 2mg/l de oxígeno. Valores aceptables son considerados superiores a 6 mg/l (Glosario: Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable). La presencia de oxígeno disuelto en el agua evita la formación de olores desagradables.

## 2.1 Marco contextual:

La presente investigación se llevó a cabo en el municipio de Cotuí, provincia Sánchez Ramírez ubicada en la región Cibao Sur con las siguientes coordenadas (coordenadas UTM: 19Q 379090 2107040) la cual cuenta con una población de 64,133 personas y abarca una superficie total de 661.3 km<sup>2</sup>. (Oficina Nacional de Estadística ONE, 2010).

La provincia está constituida por cuatro municipios, Cotuí, Fantino, Villa La Mata y Cevicos, así como los distritos municipales de La Cueva, La Bija, Hernando Alonzo, Angelina, Zambrana, Comedero Arriba, Caballero, Platanal y Quita Sueño.

### 2.3.1 Ubicación



Sánchez Ramírez es una de las 31 provincias de la República Dominicana y se encuentra en el centro del país, en la subregión del Cibao conocida como Cibao Oriental, en el Valle del Yuna. Su capital es la ciudad de Cotuí. La provincia fue creada en 1952. Antes de su creación, era un municipio de la provincia Duarte desde 18 de junio de 1945; había sido municipio de la provincia de La Vega desde la fundación de la República.

Lo que es hoy la provincia Sánchez Ramírez se inicia con la fundación de Cotuí, su municipio cabecera, que conforme a la obra «La Mejorada Villa del Cotuy» cuyo autor es Francisco A. Rincón, esta población fue la décima de 17 villas que mandó a poblar el comendador mayor Frey Nicolás de Ovando mientras era gobernador de la colonia entre 1502 y 1509.

Dice además en su libro que la fundación de Cotuí se debió a la abundante cantidad de oro encontrado en las minas ubicadas exactamente en el lugar donde existía una comunidad indígena llamada Cotuí, que era a la vez un Nitaíno del Cacicazgo de Maguá. Los conquistadores destruyeron el Nitaíno y fundaron sobre sus ruinas una comunidad española en 1505, bautizándola con el mismo nombre Cotuí, convirtiendo a los indios en esclavos con el fin de usar su mano de obra en la explotación del preciado metal.

Pocos años después de su fundación Cotuí exhibía característica de ciudad, Álvaro de Castro, un personaje, por cierto, muy controvertido, conforme a Mario Concepción en su obra: «La Concepción de La Vega», se atribuyó la construcción de

la primera iglesia de Cotuí, dijo además que fue el primero que puso en la iglesia de la pequeña población el santísimo sacramento y celebró la primera misa.

### **2.3.1.2 Geografía:**

La provincia Sánchez Ramírez tiene una extensión de 1,191.37 Km<sup>2</sup>. Limita al Norte con la provincia Duarte; al Este y al Sur con la provincia Monte Plata y al Oeste con la provincia La Vega y Monseñor Nouel. Según el Ministerio de economía, Planificación y Desarrollo (MEPyD,2018).

### **2.3.1.3 Condiciones del terreno en el área de estudio**

Los estudios fisiográficos están relacionados con la visión general de las formas del relieve, identificadas y definidas a partir del análisis integral de la información topográfica, geológica, hidrológica y edafológica (Villalobos, 1996).

Sánchez Ramírez tiene tres áreas geomorfológicas identificadas: Sierra de Yamasá, Cordillera Central y Cordillera Oriental, todas compuestas por un sistema de montañas, formados entre las eras secundaria y terciaria, de baja altura que no sobrepasan los 1,000 msnm. La Sierra de Yamasá, que separa el Valle del Yuna y a

Los Haitises de la planicie costera del Caribe, tiene una precipitación pluvial alta que varía entre 1,500 mm y más de 2,250 mm anuales, correspondiendo los promedios más bajos a las zonas situadas al noroeste de Cotuí (Secretaría General de la Organización de Estados Americanos, 1967), citado por el (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo y Centro de Estudios Urbanos y Regionales de la Universidad Católica Madre y Maestra, 2015).

#### **2.3.1.4 Población**

Según el IX Censo Nacional de Población y Vivienda por la Oficina Nacional de Estadística (2010), la mayoría de las viviendas del municipio se corresponden a casas independientes, (93%), un 3% de estas viviendas son piezas en cuartería o parte atrás, mientras que un 2% corresponde a apartamentos. Las viviendas compartidas con negocios, (2%), los barrancones, (0.2%), y las pensiones o casas de huéspedes, (0.01%) conforman la minoría dentro de la tipología de viviendas utilizadas por la población. Siendo los materiales predominantes para el techado de las viviendas el zinc y el concreto. El 80% de las viviendas de esta provincia tienen techos de zinc mientras que un 20% tenían techo de concreto.

La Oficina Nacional de Estadísticas ONE (2012), reportó que el municipio de Cotuí con sus distritos municipales posee una población de 76,554 habitantes. Por su lado, el Consejo Provincial para la Administración de los Fondos Mineros de Sánchez Ramírez, Inc. (2015) publicó que en el municipio, el 70.9% de su población está establecida en el área urbana. Además, registra una densidad poblacional de 135 habitantes /km<sup>2</sup>.

#### **2.3.2 Selección de la tecnología**

Para la selección de un sistema de tratamiento de agua residual se deben tener en consideración ciertos aspectos que guíen el proceso de selección hacia la mejor tecnología, teniendo en cuenta las 17 condiciones económicas, sociales y ambientales locales. Buscando acertar con la decisión correcta, Horan y Parr (1994) proponen el uso de una lista que incluya los factores tecnológicos, ambientales, sociales,

institucionales y económicos de una localidad en particular como base fundamental para el desarrollo de metodologías de selección de tecnología enmarcadas dentro del concepto de sostenibilidad y cumplimiento de los estándares de vertimiento. En este contexto se considera que la tecnología debe estar en armonía con la cultura local y en concordancia con la capacidad financiera y técnica de la comunidad.

### **2.3.2.1 Tipos de humedales artificiales**

#### **Según el sistema de Flujo**

Sistema de flujo libre. Un sistema de humedal artificial de flujo libre, también conocido como humedal de flujo superficial, es un tipo de sistema diseñado para tratar aguas residuales mediante procesos naturales de filtración, degradación biológica y retención.

Los humedales de tratamiento flujo libre tienen algunas propiedades en común con las lagunas facultativas y también tienen algunas diferencias estructurales y funcionales importantes. Los procesos de la columna de agua en las zonas más profundas dentro de los humedales de tratamiento son casi idénticos a los de los estanques con zonas autotróficas superficiales dominadas por algas planctónicas o filamentosas, o por macrófitas acáticas flotantes o sumergidas. Las zonas más profundas tienden a estar dominadas por procesos microbianos anaeróbicos en ausencia de luz. Sin embargo, las zonas poco profundas de macrófitos emergentes en humedales de tratamiento y lagunas aeróbicas pueden ser bastante diferentes. Las plantas emergentes de los humedales tienden a enfriar y dar sombra al agua. La producción neta de carbono en los humedales con vegetación tiende a ser mayor que la de los estanques facultativos debido a la alta producción primaria bruta en forma de carbono estructural, acompañada de resistencia a la degradación y bajas tasas de

descomposición del carbono orgánico en la columna de agua deficiente en oxígeno, (Kadlec 2000).

- Sistema de flujo horizontal subsuperficial. Es un tipo de sistema diseñado para el tratamiento de aguas residuales mediante la interacción de plantas, microorganismos y procesos naturales de filtración y degradación biológica. En este sistema, el agua residual fluye horizontalmente a través de un lecho de sustrato o medio filtrante. Su nombre se debe a la forma en la que circula el agua ya que entra por un extremo del lecho, fluye lentamente por medio de los poros del material que se encuentra debajo de la superficie del agua hasta llegar a la zona de descarga.

Las Plantas de tratamiento basadas en humedales construidos de flujo horizontal subsuperficial (HSS), han resultado ser una solución atractiva para el tratamiento de aguas servidas de comunidades rurales . En estos sistemas, el agua servida es distribuida por un sistema de entrada en un extremo del lecho, se infiltra por un medio granular de relleno y entre las raíces de la vegetación, fluyendo en sentido horizontal, y siendo evacuada en el extremo opuesto del lecho, por medio de tuberías o vertederos. La profundidad del HSS puede variar entre 0,3 y 1,0 m. Se utiliza como material de relleno desde arena gruesa ( $d_{10} = 2 \text{ mm}$ ) hasta grava gruesa ( $d_{10} = 128 \text{ mm}$ ) . Por otra parte, la aplicación de agua servida es variable con cargas hidráulicas (CH) entre 10 y 100 mm/d. Los Tiempos de Retención Hidráulico (TRH) varían entre 2,0 y 10,0 d. En el caso de la vegetación, *Phragmites* spp. ha sido la especie más empleada en Europa. Sin embargo, *Phragmites* spp es considerada una especie invasora y es por esto, que se propone el uso de especies nativas como *Typha* spp. y *Schoenoplectus* spp. que resultan ser altamente atractivas y ventajosas. En este sentido, estudios indican que en HSS existen diversidad de resultados relacionados con el

uso de especies vegetales, variando desde ningún aporte a la eliminación de materia orgánica y nutrientes, hasta incrementos de eliminación por una especie sobre otra, (Rojas, K., Vera, I., & Vidal, G. (2013). .

- Sistema de flujo vertical. En este sistema, el agua residual fluye de arriba a abajo a través de un lecho de sustrato o medio filtrante. La dirección del flujo permite que el agua entre en contacto con las raíces de las plantas y los microorganismos presentes en el sustrato. Al igual que en otros sistemas de humedales artificiales, en los sistemas de flujo vertical, las plantas y los microorganismos participan en la degradación biológica de la materia orgánica presente en el agua residual. La captura de nutrientes y la eliminación de contaminantes también son parte de los procesos biológicos. El sustrato actúa como un medio de filtración física que retiene partículas suspendidas y contaminantes en el agua residual a medida que fluye a través de él. El flujo vertical permite una mayor exposición al aire, lo que puede resultar en una oxigenación adecuada del sustrato. Esto favorece la actividad de microorganismos aeróbicos y contribuye a la degradación aeróbica de la materia orgánica.

En los Humedales Artificiales de Flujo Vertical la alimentación se efectúa de forma intermitente, para lo que se recurre generalmente al empleo de sifones de descarga controlada. Las aguas circulan verticalmente a través de un sustrato filtrante de arena-gravilla, de aproximadamente 1 m de espesor, en el que se fija la vegetación. En el fondo de los humedales una red de drenaje permite la recogida de los efluentes depurados. A esta red de drenaje se conectan un conjunto de chimeneas, que

sobresalen de la capa de áridos, al objeto de incrementar la oxigenación del sustrato filtrante, (Pidre Bocardo, J. R. (2010).

- Sistema de flujo híbridos: Los humedales híbridos son combinaciones de los humedales anteriormente descritos y pueden estar compuestos de diferentes lechos y/o de zonas en donde el agua circula expuesta a la atmósfera, zonas donde el flujo es subsuperficial e inclusive con sectores con flujo vertical. Su disposición dependerá de los objetivos del tratamiento, de las características del agua por tratar, de las condiciones de operación y de la disponibilidad económica. Para mejorar aún más la calidad del agua, o cuando se quieren obtener resultados de calidad específicos y hacer los sistemas más efectivos, también es posible implementar procesos de recirculación del agua tratada en diferentes puntos de los sistemas Arias, C (2003)..

### **Según el sistema el tipo de la vegetación (macrófitas)**

Los humedales artificiales pueden clasificarse según el tipo de macrófitas (plantas acuáticas) que se utilizan en el sistema. Las macrófitas desempeñan un papel importante en estos sistemas, ya que contribuyen al tratamiento biológico, la oxigenación y la retención de nutrientes. A continuación clasificamos el tipo de macrófitas.

- Humedales de Macrófitas Emergentes: En estos humedales, se utilizan plantas acuáticas que tienen sus raíces sumergidas en el agua, pero sus partes aéreas emergen por encima de la superficie del agua. Estas plantas se encuentran en la zona húmeda del humedal y pueden incluir juncos, espadañas y carrizos. Contribuyen al tratamiento biológico, la captura de nutrientes y la retención de

sólidos. El sustrato donde crecen estas plantas puede consistir en grava, arena o materiales de alta porosidad.

Plantas anfibias (emergentes): Son aquellas plantas que tienen parte de su estructura vegetativa dentro del agua, y otra parte fuera de ésta, como por ejemplo, el *Polygonum amphibium*. Típicamente se trata de plantas arraigadas en el suelo sumergido (fango) o suelo encharcado, y que asoman parte de su cuerpo vegetativo por encima de la lámina del agua. Las plantas anfibias también reciben la denominación de helófitas, término derivado del griego, helo-, que quiere decir pantano. En este grupo se encuentran importantes especies de interés en los humedales artificiales, como las enneas *Typha domingensis*, *T. angustifolia*, *T. latifolia*, la caña común *Phragmites australis* y el esparganio, *Sparganium erectum*. La función primaria de los helófitos en los humedales artificiales es la de actuar de filtro para mejorar los procesos de floculación y sedimentación. Otras funciones son la de servir de soporte de microorganismos –por desarrollo de una gran superficie de órganos sumergidos–, oxigenar el agua circundante en la rizosfera, extraer nutrientes –que redundan en la disminución de la carga contaminante–, sombrear el agua –que evita el crecimiento de las algas–, actuar de barrera cortaviento –que facilita la estabilización del agua– y aislar térmicamente el agua, Fernández, J., & Curt, M. (2011).

- Humedales de Macrófitas Flotantes: En estos sistemas, se utilizan plantas acuáticas flotantes que se desarrollan en la superficie del agua, como lentejas de agua, jacintos de agua y lechugas de agua. Estas plantas ayudan a sombrear el agua, reduciendo la penetración de la luz solar y disminuyendo el crecimiento de algas. Además, sus raíces proporcionan un hábitat para microorganismos benéficos.

Plantas flotantes: Son plantas en las que sus órganos asimiladores están flotando en la superficie del agua. Este grupo comprende plantas de libre flotación, que son aquellas que presentan raíces suspendidas en el agua (por ejemplo, la lenteja de agua), como plantas flotantes enraizadas, que son aquellas en las que sus raíces están ancladas en el fango del humedal, pero sus hojas están flotando en la lámina de agua (por ejemplo, los nenúfares). Entre las plantas flotantes de aplicación a los sistemas acuáticos de tratamiento de aguas, hay que mencionar la lenteja de agua (*Lemna minor*), que tiene muy pequeño tamaño, pero es muy prolífica por multiplicarse vegetativamente, y el jacinto de agua, (*Eichhornia crassipes*), de muy alta productividad. La función principal de estas plantas es la de proporcionar sombreado para dificultar el crecimiento de las algas, además de actuar extrayendo nutrientes, Fernández, J., & Curt, M. (2011).

- Humedales de Macrófitas Sumergidas: Estos humedales emplean plantas acuáticas que crecen completamente sumergidas en el agua. Las hierbas acuáticas, como las elodeas y las algas, realizan una función esencial en la oxigenación del agua y la captura de nutrientes. Sus hojas y tallos actúan como sustrato para el crecimiento de microorganismos que contribuyen al tratamiento biológico.

Plantas acuáticas sumergidas: Son aquellas que se desarrollan en la columna de agua, manteniendo todos sus órganos vegetativos por debajo de la lámina de agua. Son plantas muy interesantes en los humedales naturales a causa de su efecto oxigenador en la columna de agua; al estar los órganos asimiladores sumergidos, el oxígeno liberado por fotosíntesis pasa directamente al agua. En este grupo se encuadran especies muy comunes de los humedales naturales, como *Ranunculus aquatilis* (ranúnculo de agua) y *Potamogeton* spp., y otras que se utilizan frecuentemente en estanques

ornamentales por su capacidad oxigenadora, como son *Ceratophyllum demersum* o *Myriophyllum verticillatum*. Algunas especies sumergidas emergen sólo para florecer, como por ejemplo *Lobelia dortmanna* (lobelia de agua), Fernández, J., & Curt, M. (2014).

### **2.3.3 Impactos de las aguas residuales:**

El Impacto Ambiental (IA) puede ser definido (Sanz, 1991) como la alteración producida en el medio natural donde el hombre desarrolla su vida, ocasionada por un proyecto o actividad dados. El IA tiene una clara connotación de origen humano, dado que son las actividades, proyectos y planes desarrollados por el hombre, los que inducen las alteraciones mencionadas, las cuales pueden ser o bien positivo, cuando impliquen mejoramiento de la calidad ambiental, o bien negativas cuando ocurra la situación contraria.

Los IA se caracterizan por varios factores, los cuales son usualmente considerados entre otros- en las técnicas de valoración de impactos (Sanz, 1991):

Magnitud: Calidad y cantidad del factor ambiental afectado.

Importancia: Condicionada por la intensidad, la extensión, el momento y la reversibilidad de la acción.

Signo: Si es benéfico +, o si es perjudicial -.

El impacto de un proyecto sobre el medio ambiente es la diferencia existente entre la situación del medio ambiente futuro modificado (proyecto ejecutado), y la situación del medio ambiente futuro tal y como éste habría evolucionado sin la realización de este, lo cual se conoce como alteración neta (Conesa, 2010)

**Identificación de factores ambientales del entorno susceptibles a recibir impactos.**

Cuadro 1: Factores Ambientales

| Sistema               | Subsistema       | Componente ambiental                                                 |
|-----------------------|------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Medio Físico          | M Inerte         | Aire, tierra, suelo, agua.                                           |
|                       | M Biótico        | Flora y fauna.                                                       |
|                       | M Perceptual     | Unidades de paisajes.                                                |
| Medio socioeconómico. | M Socio cultural | Usos del territorio, cultural, infraestructura, Humanos y estéticos. |
|                       | M Económico      | Economía y Población.                                                |

## **2.4 Marco normativo**

### **2.4.1 Ley General sobre Medio Ambiente y Recursos Naturales**

Ley General sobre Medio Ambiente y Recursos Naturales (64-00) Art. 18. 5), corresponde a la Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales procurar el mejoramiento progresivo de la gestión, administración y reglamentación relativas a la contaminación del suelo, aire y agua, para la conservación y mejoramiento de la calidad ambiental.

Según un informe de las Naciones Unidas (2002), un tercio de la población mundial sufre enfermedades asociadas a la contaminación del agua y a la falta de higiene.

La Organización constató que condiciones del Mundial de la Salud (OMS), 2003, a las enfermedades ligadas a las malas. Una de las principales fuentes de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas es el vertido de aguas residuales domésticas en ríos y lagos, así como la infiltración proveniente de desagües. La depuración de aguas residuales desempeña un papel fundamental en la disminución de las enfermedades de origen hídrico y en el nivel de vida de los habitantes.

El agua y el ambiente son responsables anualmente de la muerte de gran número de personas, estimadas en doce millones, lo que pone en evidencia la estrecha correlación que existe entre esos factores y las enfermedades endémicas. Estas cifras son lo suficientemente elocuentes para revelar la ineludible necesidad de realizar la gestión de la calidad del agua.

### **2.4.2 Normas de las aguas residuales.**

Los objetivos principales de esta norma son: proteger, preservar, conservar y mejorar la calidad de las fuentes de suministro de agua a la población, los cuerpos naturales y artificiales, tanto superficiales como subterráneas.

Específicamente, esta norma establece los requisitos que deben cumplir las personas físicas o jurídicas responsables de descargas de aguas residuales a los cuerpos hídricos receptores. De la misma manera, clasifica las aguas superficiales y las costeras según su utilidad principal y en función de las características que se desea el cuerpo receptor (o sección de este) adquiera. Esta norma es de observancia obligatoria.

Esta primera norma técnica sobre aguas residuales establece clasificaciones de las aguas superficiales y costeras de acuerdo con su uso preponderante. Más importante aún, está destinada a proteger la calidad de estos cuerpos hídricos a través del control de los efluentes líquidos producidos por las diferentes actividades antropogénicas. Su fin es proteger las cuencas hidrográficas y sus cuerpos receptores de los efluentes líquidos vertidos, tanto desde fuentes puntuales como no-puntuales, por los diferentes sectores de servicios y producción de la sociedad. Estos vertidos tienen el potencial de degradar la calidad de nuestras aguas, y consecuentemente, afectar de forma negativa otros componentes del medio ambiente y la salud humana. El deterioro del medio acuático tiene serias implicaciones socioeconómicas, higiénico sanitarias, ambientales y estéticas.

Por tanto, es imprescindible contar con un instrumento legal que regule las descargas residuales, establezca los estándares de calidad de los cuerpos de agua y

sirva de apoyo a la investigación y creación de planes y estrategias que conlleven tanto a la prevención y mitigación de la contaminación de estos cuerpos receptores, como a la reparación de daños causados con anterioridad.

Los potenciales efectos perjudiciales de los vertidos de diferentes orígenes, sólo se mitigarán a través del establecimiento de condiciones de calidad requeridas a todo generador de aguas residuales. Estas aguas están destinadas a ser descargadas a los diferentes cuerpos hídricos receptores. Por otro lado, las descargas representan pérdidas de materiales y energía, por tanto, el control de las emisiones, particularmente cuando se incorporan en el proceso representan una oportunidad de reducir los costos y hacer un uso más eficiente de los recursos como se contempla en el desarrollo sostenible.

La diversidad de usos del agua impone, necesariamente, que para el mantenimiento de su calidad se requiera de una amplia gama de requisitos. Los requisitos que establece cualquier normativa dependen, principalmente, del tipo de uso actual y/o potencial del cuerpo receptor, y, en menor medida, del origen o procedencia de los vertidos. Éstos pueden variar desde muy específicos hasta generales.

**Métodos de muestreos para evaluar el agua residual y preservación: Según el caso se deben usar:**

- a) Control del pH.
- b) Adición de reactivos.
- c) Uso de envases opacos o de color ámbar.
- d) Refrigeración.
- e) Filtración.
- f) Congelamiento

**Las muestras compuestas se usan para:**

Determinar la DBO 5 total y soluble, DQO soluble y total, sólidos suspendidos, disueltos y sedimentables, nitrógeno total, fósforo, cloruros, aceites y grasas, metales pesados, y detergentes.

Muestra integrada: Consiste en la toma de muestras simples, tomadas en diferentes puntos simultáneamente y tan cerca como sea posible, que luego se mezclan para su análisis. La integración debe hacerse de manera proporcional a los caudales medidos al tomar la muestra.

**Las muestras integrales deben usarse en los casos siguientes:**

Caracterizar el caudal de un río, el cual varía su composición a lo largo de su trayecto y su ancho. Se toman varias muestras para diferentes puntos de la sección transversal y se mezclan en proporción a los flujos relativos para cada sección.

**Parámetros de calidad del agua residual:**

Para la caracterización de aguas residuales debe procederse, para cada descarga importante, a realizar por lo menos cinco jornadas de medición y muestreo horario de 24 horas de duración, con determinaciones de caudal y temperatura en el campo. Las campañas deben efectuarse en días diferentes. En las muestras preservadas e integradas debe procederse a la determinación de por lo menos, los parámetros que se especifican a continuación:

- Pérdidas en las cuencas hidrográficas
- DBO
- Coliformes fecales
- Carbón inorgánico

- Nitrógeno inorgánico
- Fosfato inorgánico
- Pesticidas
- pH
- Variaciones en el flujo de la corriente
- Temperatura
- Sólidos disueltos totales
- Sustancias tóxicas
- Turbidez
- Eutrofización

### **Principales componentes de humedales artificiales:**

**Afluente:** Es el agua residual que entra al humedal.

**Vegetación:** Son las especies vegetales o plantas que llevarán a cabo funciones de depuración del AR. tienen la habilidad de transferir oxígeno desde la atmósfera a través de hojas y tallos hasta el medio donde se encuentran las raíces, creando regiones aerobias donde los microorganismos utilizan el oxígeno disponible para producir diversas reacciones de degradación de la materia orgánica. El número de plantas recomendado es de 10 plantas por metro cuadrado.

**Material filtrante:** Es el material que se coloca en el lecho del humedal y que entre sus funciones tienen el servir como soporte para las plantas y el desarrollo del ecosistema. Puede contener todos o algunos de los siguientes elementos: arena, grava, tierra, compost. entre otros. La principal característica del medio es que debe ser permeable para permitir el paso de agua a través de él. Por lo tanto, se

prefieren sustratos de tipo granular, principalmente grava con un diámetro de 5 mm aproximadamente. La importancia del sustrato radica en que soporta a los organismos vivos, influye en el movimiento del agua a través del sistema, además de que las transformaciones microbianas tienen lugar principalmente dentro del sustrato y de que éste almacena muchos contaminantes y acumula los restos de la vegetación (incrementando las fuentes de carbono); la resistencia hidráulica del medio se relaciona con la velocidad de flujo y el caudal a tratar.

**Microorganismos:** Está conformado por organismos vivos que intervienen en las reacciones biológicas del proceso de tratamiento. Los microorganismos se encargan de realizar el tratamiento biológico; en la zona más superior del humedal, donde predomina el oxígeno liberado por las raíces de las plantas y el oxígeno proveniente de la atmósfera, se desarrollan colonias de microorganismos aerobios, mientras que en el resto del lecho granular predominarán los microorganismos anaerobios. Los principales procesos que llevan a cabo los microorganismos son la degradación de la materia orgánica, la eliminación de nutrientes y la desinfección.

**De flujo superficial:** Son aquéllos en los que, el agua circula sobre la superficie del suelo con vegetación desde un punto de entrada hasta el punto de descarga.

**De flujo sub-superficial:** Hay dos variantes, de flujo horizontal y de flujo vertical. La vegetación se planta en el medio, que puede ser desde grava gruesa hasta arena.

En los humedales de flujo sub-superficial horizontal, el agua circula horizontalmente a través del sustrato de manera continua al ser aplicada en la parte superior de un extremo y recogida por un tubo de drenaje en la parte opuesta inferior,

favoreciendo las condiciones anaerobias al mantenerse el nivel del agua por debajo del sustrato. En los de flujo sub-superficial vertical, el agua circula verticalmente a través del sustrato de manera intermitente y en ellos se reciben las aguas residuales de arriba hacia abajo, a través de un sistema de tuberías de conducción de agua, favoreciendo la aireación y condiciones aerobias.

Los procesos que intervienen en la remoción de contaminantes mediante los humedales artificiales se clasifican en:

Las especies vegetales, los microorganismos y el medio filtrante, son aspectos que tienen una influencia directa sobre estos procesos fisicoquímicos y biológicos.

#### **Dimensionamiento de los humedales artificiales:**

- La superficie del humedal, así como el área a plantar, se determina de acuerdo al terreno disponible y la población que se va a atender.
- La profundidad mínima requerida es de 0.5 m.
- El principal parámetro en el diseño es el área requerida por habitante equivalente.
- En general se recomiendan valores menores a 3m<sup>2</sup>/hab.
- En climas fríos se pueden requerir entre 4 y 5m<sup>2</sup>/hab, mientras que en climas cálidos el área necesaria se puede reducir a entre 1 y 2m<sup>2</sup>/hab.

En la práctica, los humedales se pueden realizar mediante una serie de canales impermeabilizados con una lámina plástica, por los que fluye el agua residual. Una consideración importante, antes del vertido del agua residual bruta, es implementar un pretratamiento para eliminar los elementos gruesos, las arenas sedimentables, las materias sólidas en suspensión y las grasas/aceites.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 Introducción**

La metodología de este proyecto se basó en un orden cronológico de actividades: visitas puntuales y programadas al área de estudio, descripción de la zona, toma de muestras, procesamiento e interpretación de datos y la utilización de software para presentación de los resultados. Describiendo el proceso metodológico utilizado en la recolección y análisis de datos, por tanto, está orientado a la descripción de los componentes metodológicos entre ellos: diseño y tipo de investigación, enfoque de la investigación, métodos, técnicas e instrumentos, procedimientos, resultados y análisis de datos llevados a cabo en la investigación.

#### **3.2 Diseño de investigación**

(Calderón, 2011) define diseño de investigación como el conjunto de procedimientos para dar respuesta a las preguntas de investigación y comprobar la hipótesis. Esta investigación correspondió con el diseño no experimental. (Hernández Sampieri F. C., 2014) lo definen como aquel donde el investigador se limita a observar los acontecimientos sin intervenir en los mismos.

#### **3.3 Tipo de investigación**

En cuanto al tipo fue transversal, dado que se midió en un tiempo específico de junio a agosto del 2023 con visita de campo y levantamiento de datos durante los meses Junio y Julio del mismo año. Dentro de la clasificación fue descriptiva y exploratoria. En ese orden de ideas, (Hernández Sampieri F. C., 2014) reportaron que

los estudios exploratorios tienen por objetivo examinar problemas de investigación poco estudiado, del cual se tiene muchas dudas o no se han abordado antes.

### **3.4 Enfoque de investigación**

El enfoque de investigación se corresponde con la forma que fueron medidos los valores de los indicadores. Hernández, (2014) establece tres enfoques: cuantitativo, cualitativo y mixto. De acuerdo a la naturaleza de la investigación, la misma es mixta.

Los estudios con enfoque cuantitativo aspiran a describir la realidad vista desde una perspectiva externa y objetiva ya que busca mediciones e indicadores con exactitud para ampliar sus resultados a poblaciones o situaciones de la zona de estudio, su objetivo está basado en datos cuantificables como lo es el origen de la investigación. En cuanto al enfoque cualitativo este estudia la realidad en un contexto directo justo como acontece, interpretando fenómenos de acuerdo con el objeto de estudio. Sus instrumentos de estudio son variados, como son: observaciones, apuntes físicos, imágenes, origen, evolución de las situaciones.

### **3.5 Población y muestra**

El universo de este estudio está formado por el área de influencia de las 3 principales cañadas del municipio de Cotui. Involucrando a los sectores relacionados través de cuestionarios y observaciones generales.

### **3.6 Métodos, técnicas e instrumentos de investigación**

El método utilizado en esta investigación fue el método deductivo, según Bernal 2013 se enfoca en el análisis desde un razonamiento que se basa en conclusiones generales para obtener explicaciones particulares. El método, se inicia con el análisis de los postulados, teoremas, leyes, principios, de aplicación universal y de comprobada validez, para aplicarlos a soluciones o hechos particulares.

Es decir, que en esta investigación se analizó el método ideal para el saneamiento de las aguas residuales vertidas a las cañadas. El sistema descentralizado de tratamiento de aguas residuales es una estrategia que implica el uso de múltiples unidades de tratamiento más pequeñas distribuidas en diferentes ubicaciones. En contraste con los sistemas centralizados, donde todas las aguas residuales se dirigen a una única planta de tratamiento, este enfoque descentralizado busca tratar las aguas residuales cerca de su fuente de generación.

Además, los sistemas descentralizados pueden ser más resistentes y adaptables a cambios en la población y las necesidades de tratamiento. Sin embargo, también plantean desafíos en términos de coordinación y gestión en múltiples ubicaciones. La elección entre sistemas centralizados y descentralizados dependerá de una evaluación integral de factores como densidad de población, recursos disponibles y objetivos de sostenibilidad ambiental.

#### **3.6.1 Recolección de datos**

**FASE I**, se procedió a hacer un análisis de datos bibliográficos, informaciones históricas de la zona relacionada al tema de la investigación, ubicación geográfica del área.

Después de consultar todas las informaciones sobre el área de estudio se realizó un levantamiento de campo para responder a las preguntas de investigación.

**FASE II,** levantamiento datos de campo referente a:

Principales cañadas

Las principales cañadas de la zona de estudio se delimitaron a partir de puntos geográficamente seleccionados desde su nacimiento hasta su desembocadura. Los datos obtenidos se procesaron inicialmente en el programa Excel para su organización y nombramiento y posterior se digitalizaran en Google Earth donde se le agregara rutas de color y referencia para su ubicación.

Método de saneamiento

Se analizaron los tipos de humedales artificiales y sus características principales para el saneamiento de las aguas residuales con el propósito de seleccionar el más factible para el área de estudio a través de artículos científicos, libros y proyectos internacionales.

Impactos de las aguas residuales

Se llevó a cabo un levantamiento de los componentes ambientales que corresponden a las siguientes dimensiones: medio físico, biótico y social del área de estudio con el objetivo identificar los impactos que generan las aguas vertidas a las principales cañadas resaltando las acciones que tienen influencias en el medio natural de la zona de estudio.

Se utilizó una matriz de identificación y valoración de los impactos que describen los diferentes componentes que corresponden a cada factor ambiental.

Estimación de la magnitud del impacto se realizó en base a las acciones o

actividades previamente identificadas y se estimó según naturaleza, intensidad, extensión, momento, persistencia, recuperabilidad, efecto, reversibilidad, sinergia, acumulación, periodicidad.

Se empleó un cuestionario en la zona de estudio donde a partir del mismo se entrevistó a 58 personas de los sectores más cercanos al área influencia de las cañadas, para conocer el destino, percepción y el conocimiento que posee la población sobre las aguas residuales y su tratamiento. Para su representación se utilizó el software ArcMap identificando cada una de las cañadas y su respectiva área de influencia con la base del mapa topográfico de la provincia.

**FASE III**, Finalmente, en esta fase se realizó el procesamiento de todas las informaciones obtenidas en las fases anteriores.

### **3.7 Métodos y técnicas de análisis de datos**

Para trazar el curso del agua residual fueron georreferenciadas las rutas utilizando un Sistema Global de Posicionamiento GPS. Se utilizó coordenadas UTM (Universal Transverse Marcator) para su lectura, Excel para su organización que es un programa que posee herramientas de cuadro y gráficos de muy fácil uso. Y Google Earth para su representación a través de colores para identificar el recorrido de las aguas residuales vertidas en las principales cañadas.

Para la variable método de saneamiento, se estudió el sistema de tratamiento de las aguas residuales presentando información bibliográfica y proyectos realizados.

En la variable impacto se utilizó GPS para la ubicación de los puntos y libreta de apuntes para las observaciones de lugar. Se utilizó el software Excel que es un programa que posee de cuadros y gráficos permitiendo así la representación de los

datos recolectados en campo.

Para identificar los impactos de las aguas residuales vertidas a las cañadas se utilizó la matriz de Leopold. Es una técnica que consiste en la evaluación de impactos siguiendo una serie de pasos: 1. identificación de las acciones o actividad del proyecto y de las componentes del medio que se ven afectado; 2. estimación subjetiva de la magnitud del impacto, en una escala de 1 a 10, siendo el signo + un impacto positivo y el signo - uno negativo, y 3. evaluación subjetiva de la importancia, en una escala de 1 a 10 (Leopold, Clarke, Hanshaw, & Balsley, 1971).

Aplicando el análisis de Conesa (2010). Se procedió a determinar la importancia de cada impacto según la ecuación:  $(+/-) \text{ Naturaleza} + (\text{In}) \text{ Intensidad} + (2 \text{ Ex}) + \text{Incidencia (In)} + \text{Extensión (Ex)} + \text{Momento (Mo)} + \text{Persistencia (Pe)} + \text{Recuperabilidad (Rc)} + \text{Efecto (Ef)} + \text{Reversibilidad (Rv)} + \text{Sinergia (Si)} + \text{Acumulación (Ac)} + \text{Periodicidad (Pr)}$ ].

El índice de importancia calculado para cada acción, se ha hecho una clasificación según la categoría de valor que se presenta en el siguiente

Cuadro 2: Conesa (2010), que aplicó para determinar el nivel de impacto de las aguas residuales vertidas a las cañadas del municipio de Cotuí, 2023.

| <b>Categoría</b> | <b>Calificación</b> |
|------------------|---------------------|
| Irrelevante      | <25                 |
| Moderado         | 25-50               |
| Severo           | 50-75               |
| Crítico          | >75                 |

## **CAPÍTULO IV**

### **PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

#### **4.1 Introducción**

En este capítulo se presentan los resultados de la investigación. Para su mejor presentación estará acompañado de figuras y cuadros, las informaciones se presentan atendiendo a las variables de la investigación. Los resultados están organizados en función a los objetivos.

#### **4.2 Delimitar las principales cañadas del municipio de Cotuí**

A continuación, la figura 1 se presentan las principales cañadas que posee el municipio de Cotuí, para su delimitación se evaluó un área aproximada de 17.4 kilómetros cuadrados.

Para la delimitación se tomó en cuenta la población y límites aproximados del municipio Cotuí.

.



Figura: 2: Imagen satelital, representando las principales cañadas del municipio de Cotui.  
Fuente: Google Earth

Figura 2 muestra La Cañada Hicaco que inicia su recorrido en el sector Villa Progreso y tiene una longitud aproximada de 4.35 kilómetros es la más extensa del municipio y a la vez responsable de la mayor contaminación que presenta la zona. La misma recorre el sector Libertad, Los Españoles, Acapulco, Los Pomos, La Altigracia, La Esperanza, Los Pinos, Vista del Valle, La Sabana, El Limpio y El Hato. véase anexo 4 y 5.

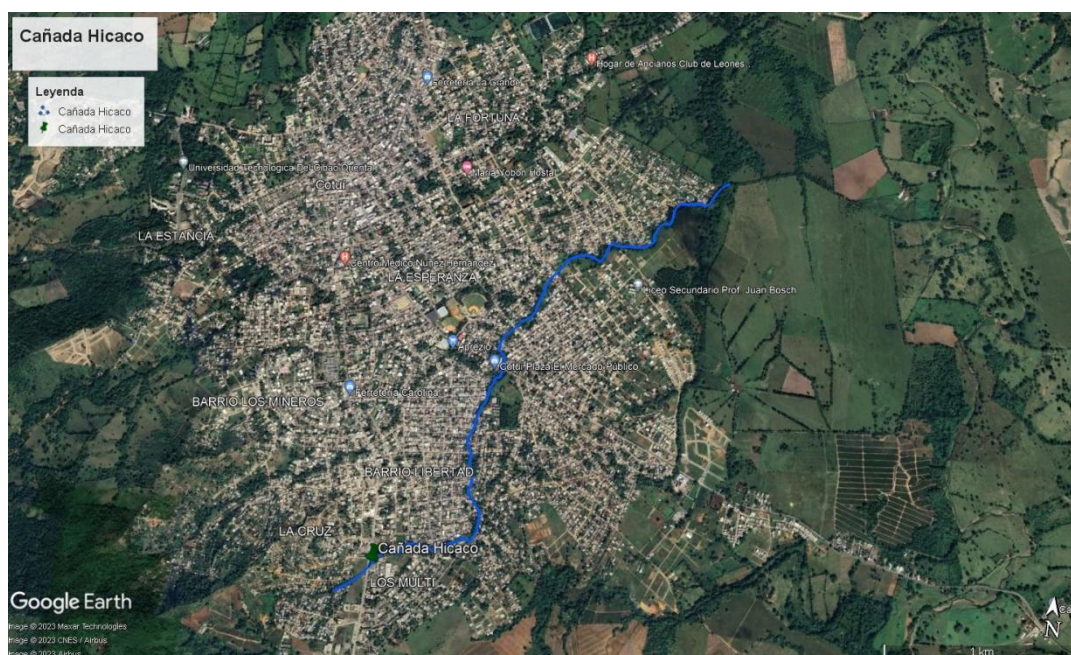


Figura 3: Imagen satelital, representando la cañada Hicaco del municipio de Cotuí. Fuente: Google Earth.

La Figura 3 La Cañada de Tauique nace en el sector Pueblo Nuevo con una longitud aproximada de 3.23 kilómetros desde su nacimiento hasta su desembocadura es la segunda más extensa y la mayor parte de su recorrido lo hace de manera subterránea, en pocos puntos la podremos ver superficial. Recorre las principales calles del centro de Cotuí transitando así los sectores El Dorado, Hostos hasta llegar a El Hato, véase anexo 6.

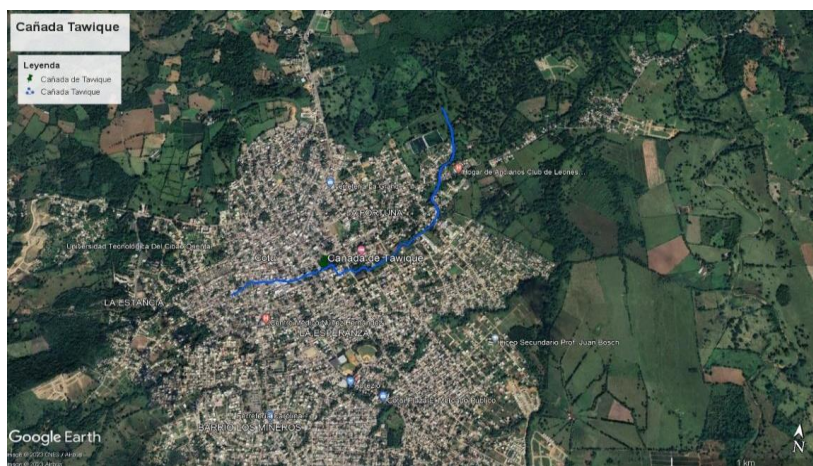


Figura: 4: Imagen satelital, representando la cañada Tawique del municipio de Cotui.  
Fuente: Google Earth.

La figura 4 La Cañada de Librada es relativamente la más joven de todas las cañadas pero a pesar de ellos su contaminación es notoria e intensa, nace en sector La Gallera para atrás, y tiene una longitud aproximada de 1.36 kilómetros recorre el Barrio Tamarindo, Los Algodones, Los Tocones, La Yuca, Las Flores hasta desembocar en el río Capacho, véase anexo 7.

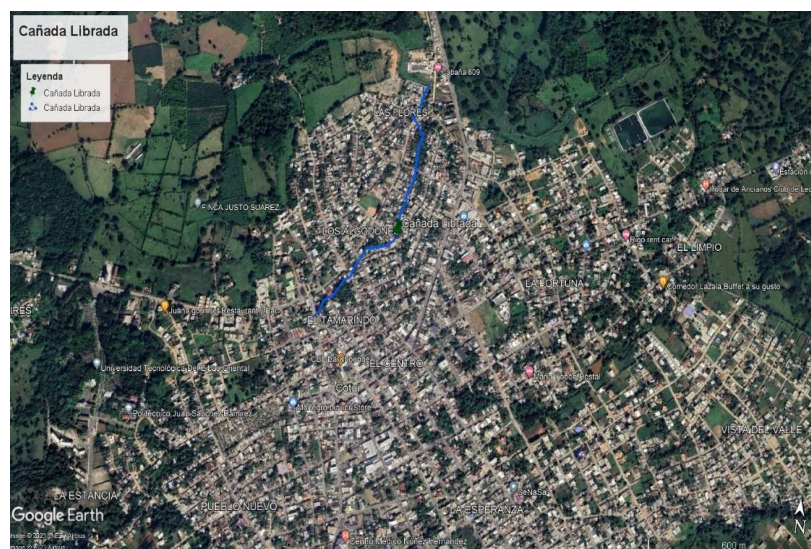


Figura: 5: Imagen satelital, representando la cañada Librada del municipio de Cotui.  
Fuente: Google Earth.

### **4.3 Proponer una alternativa factible para el saneamiento de las aguas residuales en las cañadas del municipio Cotuí**

Los humedales artificiales son una alternativa factible para reducir la contaminación de las aguas residuales que son vertidas a las cañadas.

El incremento en la generación de aguas residuales ha obligado a la ingeniería a buscar, encontrar y aplicar alternativas de tratamiento de depuración eficiente, autónomo y económicamente viable. Entre las soluciones más atractivas se encuentran los tratamientos que emulan los fenómenos que ocurren espontáneamente en la naturaleza. Estos sistemas se denominan tratamientos naturales de aguas residuales y cada día es más frecuente el uso de lagunajes de sistemas de infiltración de humedales artificiales de toda la variedad de sistemas, pues producen efluentes de buena calidad, al mismo tiempo que presentan bajos costos de inversión, operación y mantenimiento y no requieren personal altamente capacitado. El uso de humedales para depurar aguas se ha incrementado durante los últimos veinte años y, hoy por hoy, son una opción de tratamiento de aguas residuales reconocida y recomendada. Se ha demostrado que son efectivos en la reducción de la materia orgánica, para transformar y asimilar nutrientes y retienen y eliminan sustancias tóxicas que de otra manera serían venidas sin tratamiento alguno al medio ambiente, Arias, C., & Brix, H. (2003).

#### 4.4 Analizar los impactos que generan las aguas residuales vertidas en las cañadas del municipio Cotuí.

Para analizar los impactos ambientales que generan las aguas residuales vertidas en las cañadas del municipio de Cotuí se utilizó la matriz de Leopold mostrada en el cuadro 3.

Cuadro 3: Matriz de Leopold para los impactos que generan las aguas residuales vertidas en las cañadas del municipio Cotuí, provincia Sánchez Ramírez República Dominicana, 2023

| Dimensión     | Factor ambiental | Componente ambiental                                  | Impacto |
|---------------|------------------|-------------------------------------------------------|---------|
| Medio físico  | Suelo            | Presencia de residuos sólidos                         | Severo  |
|               |                  | Alteración fisicoquímica                              | Severo  |
|               |                  | Contaminación del suelo                               | Severo  |
|               |                  | Erosión                                               | Severo  |
|               | Aire             | Generación de olores                                  | Crítico |
|               | Agua             | Contaminación del agua                                | Crítico |
|               |                  | Alteración de los parámetros físico-químicos del agua | Crítico |
| Medio biótico | Flora            | Disminución de la vegetación                          | Severo  |
|               |                  | Extinción de especies vegetales                       | Severo  |
|               | Fauna            | Extinción de especies                                 | Severo  |
|               |                  | Migración de especies                                 | Severo  |
| Medio social  | Social           | Salud humana                                          | Severo  |

Para la dimensión del medio físico la principales propiedades a tomar en cuenta son la intensidad, la extensión y persistencia de los factores suelo, agua y aire que posee una calificación moderada con un rango de 58-78 en su importancia, véase anexo 1. Esto

se debe principalmente a las aguas negras y domésticas, es necesario que dichas aguas reciban un tratamiento lo antes posible porque de no ser así la contaminación ambiental y la transformación del ecosistema tendrán así una recuperación a largo plazo.

En cuanto al medio abiótico la intensidad y extensión posee el rango más elevado dándole una importancia de importancia promedia de 66 siendo la mitigación y migración de especies la más destacada.

Y por último el medio social es el principal causante de cada uno de los impactos que anteriormente fueron mencionados y la vez el más afectado por las enfermedades que se propagan por las aguas residuales, como son la hepatitis, el dengue, entre otras. La presencia de microorganismos producen enfermedades como disentería amebiana y bilharziasis . Además de ser el habitual para la reproducción de plagas y generación de olores ofensivos que provienen de compuestos orgánicos que generan gases resultantes de la descomposición.

### **Percepción de los actores claves del área de influencia de la zona de estudio**

La información recopilada en la zona cuenta con la aplicación de un cuestionario a los comunitarios que nos permitió conocer la percepción, conocimiento y el destino que cada uno de ellos le da a sus aguas residuales.

#### **Gráfico No. 1: Conocimiento del término aguas residuales**

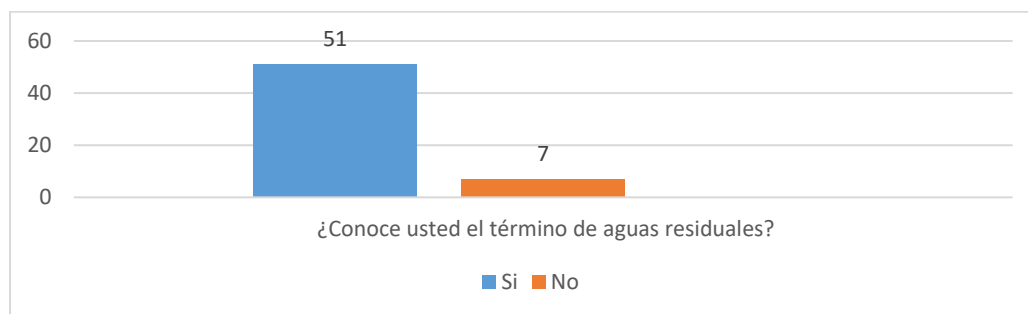


*Gráfico 1: No. 1: Conocimiento del término aguas residuales*

Conforme a lo que muestra el grafico No.1 51 de un total de 58 personas entrevistadas conocen el término de aguas residuales y solo 7 desconoce el término.

### Gráfico No. 2: Sistema cloacal

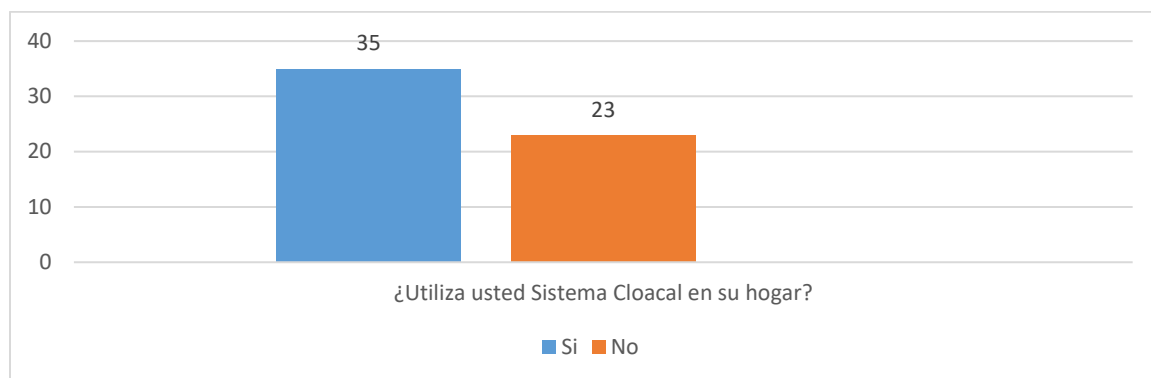


Gráfico 2:No. 2: Sistema cloacal

En relación al sistema cloacal que utilizan los habitantes entrevistados cercanos a las cañadas solo el 35 de las personas posee un sistema cloacal mientras que 23 de un total de 58 no.

### Gráfico No. 3: Destino de las aguas residuales

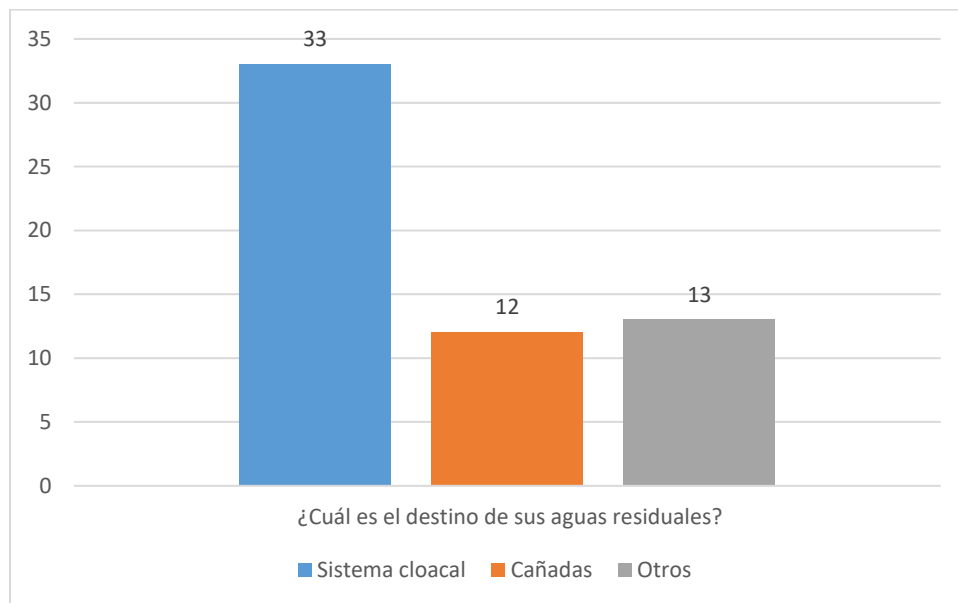


Gráfico 3:No. 3: Destino de las aguas residuales

Como se observa en el grafico 33 de un total de 58 personas entrevistadas utilizan sistema

cloacal, 12 descargan directamente sus aguas a las cañadas y 13 tiene un destino diferente.

#### Gráfico No. 4: Impacto de las aguas residuales al ambiente

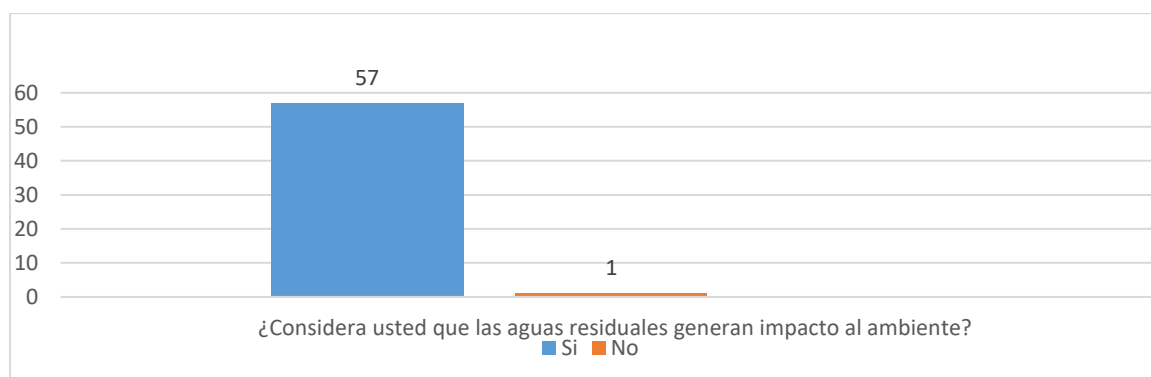


Gráfico 4:No. 4: Impacto de las aguas residuales al ambiente

En cuanto al impacto al ambiente 57 de las personas entrevistadas consideran que si las aguas residuales tienen un impacto mientras que solo 1 de las 58 personas entrevistadas dijo que no.

#### Gráfico No. 5: Aguas residuales no tratadas

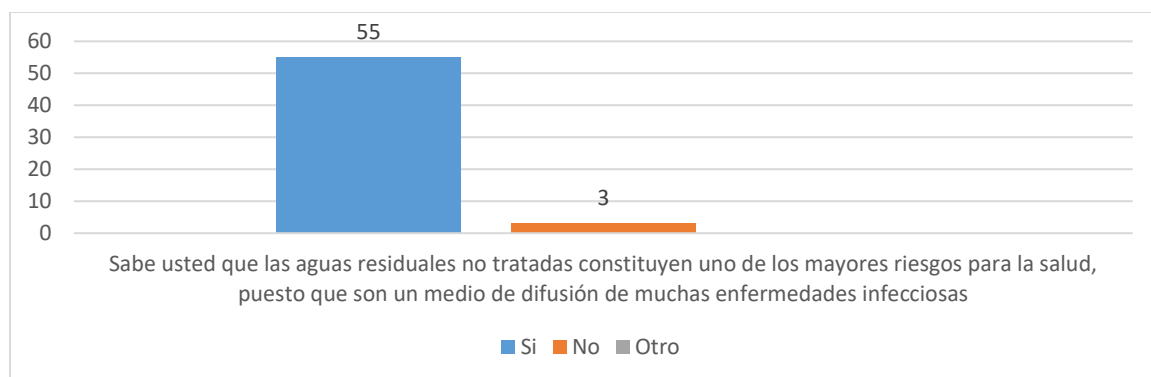


Gráfico 5:No. 5: Aguas residuales no tratadas

Sobre los riesgos que representan las aguas residuales para la salud 55 de las personas entrevistas optaron por que sí, el riesgo es alto y solo 3 de las mismas lo minimizaron

**Gráfico No. 6: Información para el manejo las aguas residuales.**

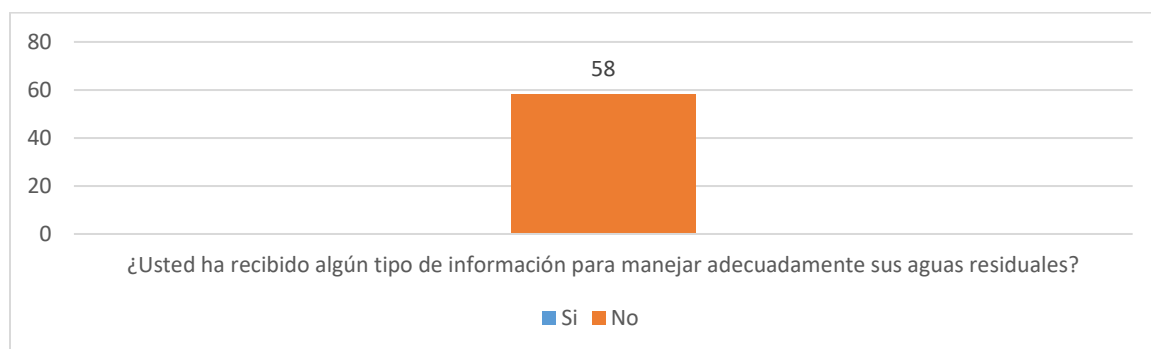


Gráfico 6:No. 6: Información para el manejo las aguas residuales.

En cuanto a la información que tiene la población del manejo de las aguas residuales solo 2 personas de un total de 58 ha recibido información mientras que las 56 restante no.

**Gráfico No. 7: Solución a la problemática que presentan las aguas residuales**

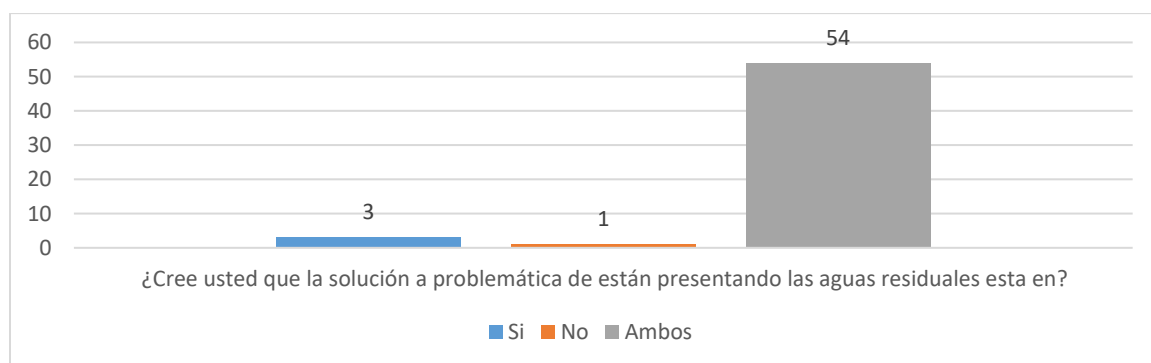
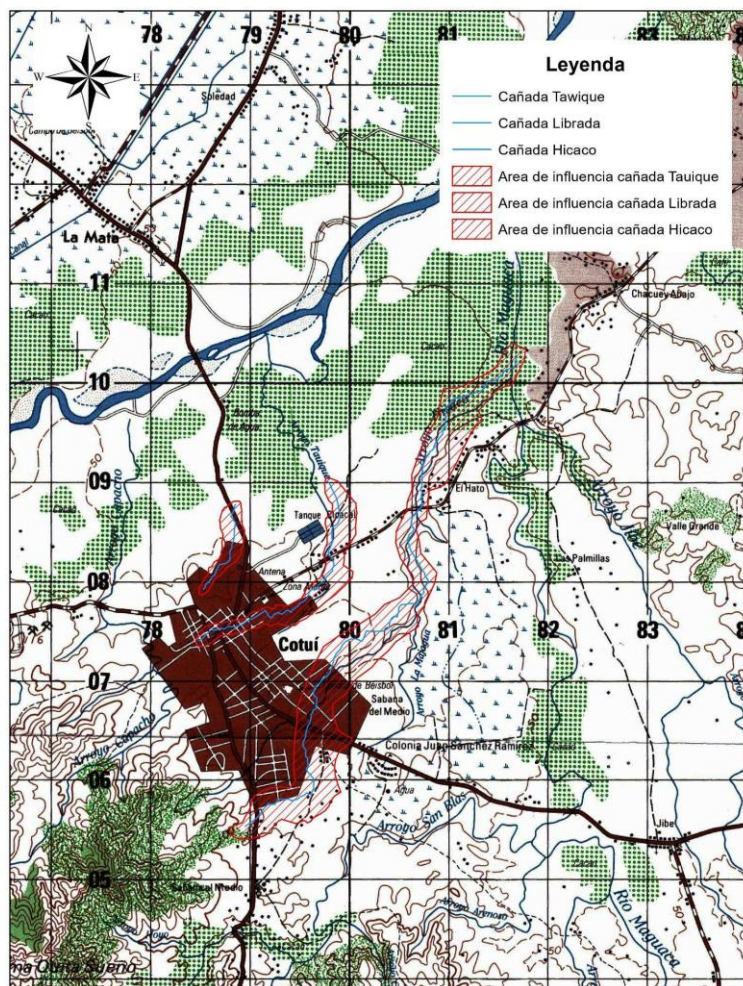


Gráfico 7:No. 7: Solución a la problemática que presentan las aguas residuales

De acuerdo a resolver la problemática que presentan las aguas residuales 3 de un total de 58 responsabilizan al gobierno 1 a la comunidad y 54 de las personas entrevistadas dicen que la responsabilidad recae sobre ambos

### Área de influencia de las principales cañadas del municipio de Cotui



El área de influencia en este caso está determinada por el alcance de afectación que tienen las casas cercanas a las cañadas, identificadas a través del cuestionario que se aplicó en cada sector involucrado y otros elementos naturales que intervienen en el proceso. El área con mayor influencia es la de Hicaco ya que su población es la más extensa con recursos económicos limitados. Luego tenemos el área de influencia de Tabique que se encuentra en la parte céntrica del municipio y finalmente a Librada con la característica particular de ser el punto más cercano ante el desborde del sistema cloacal en temporadas de lluvia de los sectores que se encuentran al norte del área de estudio.

## **CAPÍTULO V**

### **ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS**

#### **5.1. Introducción**

En este capítulo se orienta al análisis de los resultados de las variables evaluadas de proyecto, basado en el análisis de las preguntas de la operacionalización del problema, en busca de proponer los humedales artificiales como alternativas de saneamiento de las aguas residuales de las cañadas del municipio de Cotuí, para arribar a conclusiones y de ser necesario a recomendaciones.

#### **5.2 ¿Cuáles son los límites de las principales cañadas del municipio de Cotuí?**

En general los límites de las principales cañadas de Cotuí están definidos y georreferenciados en el anexo 2. Mostrando así las longitudes correspondientes a cada cañada siendo la cañada Hicaco la más extensa contando con aproximadamente 4.35 kilómetros, en ese orden le sigue la cañada Tauique con una longitud aproximada de 3.23 kilómetros y finalmente la cañada de Librada con aproximadamente 1.36 kilómetros.

#### **5.3 ¿Cuál sería el tipo de humedal más factible para el saneamiento de las aguas residuales en las cañadas del municipio Cotuí?**

En base a las consultas bibliográficas realizadas, el cuestionario aplicado a la comunidad y las características de relieve para la selección del humedal ideal, para el saneamiento de las aguas residuales que son vertidas en las cañadas del municipio Cotuí, se seleccionó un sistema descentralizado no convencional, compuesto por un humedal con plantas macrófitas emergentes, en un sistema de flujo horizontal subsuperficial, en donde

el agua se divide por todo el lecho, se infiltra y luego cambia en sentido horizontal por medio de un material granular hasta llegar a las raíces de las plantas.

Los sistemas descentralizados de tratamiento de aguas residuales tienen varias características:

- *Menor inversión inicial*
- *Menores pérdidas de transporte*
- *Menor impacto ambiental*
- *Mayor resiliencia*
- *Oportunidades de reutilización*

Sin embargo, también hay desafíos asociados con los sistemas descentralizados, como la necesidad de capacitar a múltiples operadores y garantizar la calidad del tratamiento en todas las ubicaciones. Además, la coordinación y la gestión pueden ser más complejas en sistemas descentralizados en comparación con los centralizados. La elección entre ambos enfoques dependerá de una evaluación integral de los factores mencionados anteriormente.

De acuerdo al cuestionario aplicado a la comunidad del área de estudio existen un porcentaje muy elevado de casas que descargan sus aguas directamente a las diferentes cañadas por tal motivo es necesario trabajar con las comunidades de Cotuí para crear soluciones que se adapten a ellas, proporcionando acceso a un saneamiento adecuado y adaptando los sistemas de alcantarillado deteriorados a un mundo que cambia rápidamente. Las soluciones descentralizadas y basadas en la naturaleza se consideran fundamentales para sanear los problemas de las aguas residuales urbanas y reducir la presión sobre los sistemas de aguas residuales o proporcionar alternativas

asequibles y eficaces que vayan en beneficio de los sectores que son bordeados por estas cañadas.

#### **5.4 ¿Cuáles son los impactos que generan las aguas residuales vertidas en las cañadas del municipio de Cotuí?**

Conforme con los resultados que se muestran en el anexo 1, en la Matriz de Leopold 3 de los componentes ambientales están en el límite de importancia crítica con un rango de 78. El impacto que se presenta en el medio físico es el más visible siendo palpable la contaminación que el suelo recibe en su composición original erosionando y alterando física y químicamente el recurso. Luego nos encontramos en el agua factor afectado directamente por lixiviados, aguas negras y los residuos sólidos, véase el anexo 4.

El medio biótico presenta un rango de valoración de 66 en su calificación. Es fácil identificar la flora afectada por la contaminación en la falta de especies vegetales y fauna de la zona.

Finalmente el medio social está en el rango moderado de los resultados presentados en la matriz, la salud de los habitantes se ha visto afectada por las enfermedades y plagas que se generan en dichas cañadas.

#### **5.5 Conclusiones**

Las cañadas de la zona de estudio en la actualidad carecen de un control frente a las aguas vertidas y la presencia de residuos sólidos esto se debe a la falta de concientización de los habitantes de la comunidad y de un tratamiento adecuado a sus aguas. Dado que el crecimiento del municipio es continuo, la carencia de un sistema cloacal de los sectores afectados y una educación ambiental precaria cada día

empeoran más los factores involucrados. Dichas cañadas necesitan la intervención inmediata de las autoridades e instituciones responsables para que la situación social y ambiental pueda mejorar.

Acorde a los resultados de los trabajos de campo, aplicación de métodos y evaluando las condiciones de la zona de estudio, se arriban a las siguientes conclusiones:

Para el objetivo general que es proponer el uso de humedales artificiales como una alternativa para saneamiento de las aguas residuales vertidas en las cañadas del municipio de Cotuí, se concluye que es el método ideal para el saneamiento de las aguas residuales que son vertidas a las cañadas del municipio, ya que es un método natural de saneamiento, económico y de fácil trabajo para su implementación.

En lo relativo a delimitar las principales cañadas del municipio de Cotuí, se encontró que las cañadas tienen un radio de influencia moderado, dichas cañadas poseen longitudes extensas, siendo La Cañada Hicaco la que tiene la corriente de agua más extensa y caudalosa.

Para la selección del humedal se escogió el tipo macrófitas flotantes, con sistema de flujo horizontal subsuperficial por la capacidad de adaptación y la resistencia que muestra ante ciertas condiciones ambientales que están definidas por nivel de control elevado cuando de aguas residuales se habla. Este sistema de flujo horizontal subsuperficial se caracteriza por la distribución e infiltración del agua a través de un material granular que le permite a las raíces de las plantas beneficiarse.

Correspondiente al análisis de los impactos que generan las aguas residuales vertidas en las cañadas del municipio Cotuí, el medio más afectado es el físico donde su

recuperación será a largo plazo, así mismo la salud humana presenta una importación moderada.

El problema de las cañadas en cualquier parte del país, pero refiriéndonos a los casos más directamente conocidos que bordean los barrios de Cotuí, es la mala disposición de residuos sólidos municipales que de manera insensata y descomunal tiran los ciudadanos/as a las cañadas como una vía de desaparecer, al menos temporalmente, el problema de la basura de sus hogares.

A esto se une la falta de ingeniería sanitaria en comunidades construidas sin ningún ordenamiento y planificación urbana desde hace décadas.

Fundamentalmente se deberá considerar el sistema de saneamiento adecuado para mejorar la condición sanitaria de los habitantes además de considerar el mínimo impacto ambiental en el área de estas cañadas.

La descarga de aguas residuales domésticas, industriales, agrícolas y pecuarias sin tratamiento provoca la contaminación de los cuerpos de agua receptores disminuyendo la calidad de las aguas superficiales y subterráneas, poniendo en riesgo la salud de la población y la integridad de los ecosistemas.

## **5.6 Recomendaciones**

Se le recomienda al Instituto Nacional de Agua Potable y Alcantarillados (INAPA), la implementación un plan de humedales artificiales en las tres principales cañadas que rodean el municipio de Cotuí, con fin de propiciar el buen funcionamiento de saneamiento de estas cañadas y aguas residuales, para evitar la contaminación directa de habitantes del municipio de Cotuí ya que son naturales y más económicos.

Ya que los humedales artificiales son un método eficaz para el tratamiento de aguas con alto contenido de materia orgánica y muy efectivo en la remoción de sustancias tóxicas, elementos patógenos y restos de fertilizantes y suelen descargar las aguas tratadas a los cuerpos de agua superficiales.

Se recomienda al Instituto Nacional de Aguas Potables y Alcantarillado (INAPA), crear planes de monitoreo en plantas de aguas residuales para que se pueda propiciar el buen uso y funcionamiento del saneamiento de las principales cañadas del municipio de Cotuí e involucrar a las comunidades para que tomen conciencias del porqué no deben tirar los desechos residuales y sólidos de estas cañadas.

La finalidad de las intervenciones en saneamiento es mejorar la salud, la calidad de vida de los ciudadanos y la sostenibilidad ambiental. En este sentido, la formulación de esta estrategia parte de la perspectiva de las afectaciones a las personas y al medio ambiente independientemente de la estructura institucional del país, aspecto fundamental a la hora de definir los mecanismos de su implementación y monitoreo.

Se le recomienda al Ministerio de Salud Pública y el Ministerio de Medio Ambiente, realizar un muestreo de las variables físicas, químicas y biológicas, para la implementación ya que estos predeterminan los límites de calidad de agua de la descarga de aguas residuales y regula la concesión para uso y preservación del agua.

Se le recomienda a toda la población del municipio de Cotuí a crear conciencia sobre esta realidad que generan las aguas residuales que son vertidas a estas cañadas, para así evitar la contaminación y garantizar la vida y la salud de toda la población.

A las Instituciones Educativas elaborar Programas de Capacitación y Educación Ambiental a todo nivel, como mecanismo de Incorporación progresiva de la Problemática

Ambiental que se generarán estas cañadas, y de esta forma Promocionar las buenas prácticas de manejo de residuos sólidos. Donde se implemente la Promoción de reciclaje y valorización de residuos sólidos en los munícipes que viven más cerca de esas cañadas y a todo el municipio de Cotuí en general.

A las instituciones gubernamentales definir estrategias que involucren a los munícipes en aspectos básicos de aguas residuales y alcantarillado en los diferentes sectores del municipio de Cotuí. Aplicar indicadores que midan la gestión de los servicios y efectuar una evaluación de los aspectos más importantes de los mismos, como son operativos, administrativos, financieros y comerciales.

## **Anexos**

## Anexo 1: Identificación de impactos ambientales

| Dimensión    | Factor ambiental | Componente ambiental                                  | Naturaleza +/-                  | In | Ex | Mo | Pe | Ef | Rc | Rv | Si | Ac | Pr | I  |
|--------------|------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Medio físico | Suelo            | Presencia de residuos sólidos                         | -                               | 8  | 4  | 4  | 4  | 4  | 2  | 2  | 2  | 4  | 4  | 58 |
|              |                  | Alteración fisicoquímica                              | -                               | 8  | 8  | 4  | 4  | 4  | 2  | 2  | 2  | 4  | 4  | 66 |
|              |                  | Contaminación del suelo                               | -                               | 8  | 8  | 4  | 4  | 4  | 2  | 2  | 2  | 4  | 4  | 66 |
|              |                  | Erosión                                               | -                               | 8  | 8  | 4  | 4  | 4  | 2  | 2  | 2  | 4  | 4  | 66 |
|              | Aire             | Generación de olores                                  | -                               | 12 | 8  | 4  | 4  | 4  | 2  | 2  | 2  | 4  | 4  | 78 |
|              | Agua             | Contaminación del agua                                | -                               | 12 | 8  | 4  | 4  | 4  | 2  | 2  | 2  | 4  | 4  | 78 |
|              |                  | Alteración de los parámetros físico-químicos del agua | -                               | 12 | 8  | 4  | 4  | 4  | 2  | 2  | 2  | 4  | 4  | 78 |
|              | Medio biótico    | Flora                                                 | Disminución de la vegetación    | -  | 8  | 8  | 4  | 4  | 4  | 2  | 2  | 4  | 4  | 66 |
|              |                  |                                                       | Extinción de especies vegetales | -  | 8  | 8  | 4  | 4  | 4  | 2  | 2  | 4  | 4  | 66 |
|              |                  | Fauna                                                 | Extinción de especies           | -  | 8  | 8  | 4  | 4  | 4  | 2  | 2  | 4  | 4  | 66 |
|              |                  |                                                       | Migración de especies           | -  | 8  | 8  | 4  | 4  | 4  |    | 2  | 2  | 4  | 64 |
| Medio social | Social           | Salud humana                                          | -                               | 8  | 8  | 4  | 4  | 4  |    | 2  | 2  | 4  | 4  | 64 |

Anexo 2: Ubicación geográfica de las principales cañadas con sus respectivas coordenadas y extensión.

| Cañada         | Longitud           | Nacimiento   |              | Desembocadura |              |
|----------------|--------------------|--------------|--------------|---------------|--------------|
|                |                    | Coordenada N | Coordenada E | Coordenada N  | Coordenada E |
| <b>Hicaco</b>  | 4.35<br>Kilómetros | 2105504      | 378939       | 2110232       | 381673       |
| <b>Tauique</b> | 3.23<br>Kilómetros | 2107374      | 378472       | 2109031       | 379780       |
| <b>Librada</b> | 1.36<br>Kilómetros | 2107886      | 378520       | 2108753       | 378854       |

Anexo 3: Calificación de Conesa, 2010

| Propiedad            | Características                                                                                               | Calificación                                                                                                                                                                                                          |
|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Naturaleza (+/-)     | Describe si el impacto es negativo o positivo                                                                 | Positivo (+)<br>Negativo (-)                                                                                                                                                                                          |
| Intensidad (In)      | Evalúa el grado de destrucción o transformación del factor ambiental                                          | Baja (1)<br>Media (2)<br>Alta (4)<br>Total (12)                                                                                                                                                                       |
| Extensión (Ex)       | Evalúa el área de influencia o afectación                                                                     | Puntual (1)<br>Parcial (2)<br>Extensa (4)<br>Total (8)<br>Crítica (+4)                                                                                                                                                |
| Momento (Mo)         | Se califica de acuerdo con el tiempo transcurrido entre la actividad y la manifestación del impacto.          | Largo plazo (1)<br>Mediano plazo (2)<br>Corto plazo (3)<br>Inmediato (4)<br>Crítico (+4)                                                                                                                              |
| Persistencia (Pe)    | Evalúa el tiempo de permanencia del impacto                                                                   | Fugaz o momentáneo (1)<br>Temporal o transitorio (2)<br>Pertinaz o persistente (3)<br>Permanente o constante (4)                                                                                                      |
| Recuperabilidad (Rc) | Evalúa la posibilidad de reconstruir el factor ambiental por medios técnicos y el tiempo requerido para esto. | Recuperable de manera inmediata (1)<br>Recuperable en el corto plazo (2)<br>Recuperable en el mediano plazo (3)<br>Recuperable en el largo plazo (4)<br>Mitigable, sustituible o compensable (4)<br>Irrecuperable (8) |

|                     |                                                                                                                                                                                       |                                                                                                       |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Efecto (Ef)         | Evalúa la relación causa-efecto del impacto                                                                                                                                           | Indirecto o secundario (1)<br>Directo o primario (4)                                                  |
| Reversibilidad (Rv) | Se califica de acuerdo con el tiempo que puede transcurrir entre la finalización de la actividad que origina el impacto y la reconstrucción del factor ambiental por medios naturales | Corto plazo (1)<br>Mediano plazo (2)<br>Largo plazo (3)<br>Irreversible (4)                           |
| Sinergia (Si)       | Evalúa la capacidad del impacto para interactuar con otros, de forma que se potencialice sus efectos.                                                                                 | Sin sinergismo o simple (1)<br>Sinergismo moderado (2)<br>Muy sinérgico (4)                           |
| Acumulación (Ac)    | Califica el incremento progresivo del impacto.                                                                                                                                        | Simple (1)<br>Acumulativo (4)                                                                         |
| Periodicidad (Pr)   | Tiene en cuenta la regularidad de la manifestación del impacto.                                                                                                                       | Irregular, aperiódico y esporádico (1)<br>Periódico o de regularidad intermitente (2)<br>Continuo (4) |

Anexo 4: Situación actual de la cañada Hicaco, UTM Zona 19N Coordenadas 379547N; 2106267E



Anexo 5: Situación actual de la cañada Hicaco, punto de observación donde el factor aire estuvo una importancia moderada con rango elevado UTM Zona 19N Coordenadas 379660N; 2106733E



Anexo 6: Situación actual de la cañada Tauique, UTM Zona 19N Coordenadas 379071N; 21077631E.



Anexo 7: Situación actual de la cañada Librada, específicamente a 40 metros de su desembocadura hacia el río Capacho, UTM Zona 19N Coordenadas 378846N; 2108702E.



## Bibliografía

Asprilla, W. J., Ramírez, J. S., & Rodriguez, D. C. (2020). Humedales artificiales subsuperficiales: comparación de metodologías de diseño para el cálculo del área superficial basado en la remoción de la materia orgánica. *Revista Ingenierías USBMed*, 11(1), 65-73.

Aguilar Saldaña, S. (2021). Tratamiento de aguas residuales en unidades básicas de saneamiento construyendo humedales artificiales, campo alegre–Bagua Grande-2021.

Arteaga-Cortez, V. M., Quevedo-Nolasco, A., Valle-Paniagua, D. H. D., Castro-Popoca, M., Bravo-Vinaja, Á., & Ramírez-Zierold, J. A. (2019). Estado del arte: una revisión actual a los mecanismos que realizan los humedales artificiales para la remoción de nitrógeno y fósforo. *Tecnología y ciencias del agua*, 10(5), 319-343.

Abikarram Estrella, Y. A., & Batista Núñez, J. C. (2016). Tratamiento de aguas residuales por medio de sistemas de humedales artificiales en el Café de Herrera.

Consejo Provincial para la Administración de los Fondos Mineros de Sánchez Ramírez, Inc. (2015). Plan de Desarrollo Estratégico Provincia Sánchez Ramírez . Santo Domingo.

Consejo Provincial para la Administración de los Fondos Mineros de Sánchez Ramírez, Inc. (2015). Plan de Desarrollo Estratégico Provincia Sánchez Ramírez . Santo Domingo.

Conesa Fernández-Vitoria, V. (2009). *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. Ediciones Mundi-Prensa.

Fernández, M., Abreu, M., Castillo, R., Rodríguez, G., Hernández, R., Manzueta, P., ... & Literaria, M. C. (2020). Licda. Miosotis Rivas Peña Directora Nacional de Estadística Coordinación General Lic. Juan Arias Tejeda Director de la Coordinación del Sistema Estadístico Nacional.

Fernandez Gonzalez, J., Martín, M., Mosquera, F., & Curt Fernández de la Mora, M. (2014). Uso de microalgas inmovilizadas en biofilm para tratamiento de aguas residuales.

Gallardo Echenique, E. E., & Calderon Sedano, C. A. (2011). Metodología de Investigación: manuales autoformativos interactivo.

Hernández Sampieri, F. C., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. D. P. (2014). Población. *Metodología de la Investigación*. México DF: Mc Graw Hill Education, 174.

Kadlec, R. H. (2000). The inadequacy of first-order treatment wetland models. *Ecological Engineering*, 15(1-2), 105-119.

Keddy. (2004). Obtenido de <https://www.fundacionaquae.org/wiki/los-humedales-vitales-para-la-supervivencia-humana/>

Oficina Nacional de Estadística. (2012). Población por región, provincia y año calendario, según sexo y grupos quinquenales de edad, 2000-2030. Santo Domingo

Parr, J., & Horan, N. J. (1994). Process Selection for Sustainable Wastewater Management in Industrializing Countries. University of Leeds.

Pidre Bocado, J. R. (2010). Influencia del tipo y granulometría del sustrato en la depuración de las aguas residuales por el sistema de humedales artificiales de flujo vertical y horizontal. Arias, C., & Brix, H. (2003). Humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales.

Poder Ejecutivo, C. J. (2000). Ley núm. 64-00 que crea la Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 10056.

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y Centro de Estudios Urbanos y Regionales de la Universidad Católica Madre y Maestra (CEUR). (2015). Perfil socio-económica y Ambiental de Sánchez Ramírez. Cotuí.

Merejo, K., Reyes, A., & Balbi, A. (2010). Investigación Exploratoria sobre el Funcionamiento de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (Planta de Tratamiento de Rafey). Trabajo de Grado. Universidad Autónoma de Santo Domingo, Santo Domingo, República Dominicana.

Leopold, C., & Clarke, B. Hanshaw y Balsley (1971). *A Procedure for Evaluating Environmental Impact*.

Sánchez, J. J. M., de las Heras Ibáñez, J., & Sanz, J. M. H. (1991). Impacto ecológico de los incendios forestales. *Al-Basit: Revista de estudios albacetenses*, (29), 105-117.

Secretaría General de la Organización de Estados Americanos. (1967). Reconocimiento y evaluación de los Recursos Naturales de la República Dominicana. Washington, DC: Unión Panamericana.

Rojas, K., Vera, I., & Vidal, G. (2013). Influence of season and species *Phragmites australis* and *Schoenoplectus californicus* on the removal of organic matter and nutrients contained in sewage wastewater during the start up operation of the horizontal subsurface flow constructed wetland. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, (69), 289-299.

Villalobos Maldonado, J. J. (1996). Manejo y disposición final de los residuos sólidos municipales en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León).

Van der Borgh, R., Cruz-Rodríguez, A., & Alatorre, J. E. Cambio climático y adaptación basada en la naturaleza, (2018)

