



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
E INDUSTRIAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y MANEJO
DE RIESGOS NATURALES**

**PROPUESTA DE MITIGACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN EN
EL RÍO TOACHI POR EFECTOS DE LAS AGUAS
RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA
AMBIENTAL Y MANEJO DE RIESGOS NATURALES**

GÉNESIS NATHALY CEVALLOS ROJAS

DIRECTORA: ING. JUDIT GARCÍA GONZÁLEZ, *MSc.*

Santo Domingo de los Tsáchilas, julio 2018

© Universidad Tecnológica Equinoccial. 2018
Reservados todos los derechos de reproducción

FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRÁFICO PROYECTO DE TITULACIÓN

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	235004029-7
APELLIDO Y NOMBRES:	Cevallos Rojas Génesis Nathaly
DIRECCIÓN:	Santo Domingo de los Tsáchilas, Coop. Brisas del Colorado Sector # 1
EMAIL:	genesiscevallos1995@hotmail.com
TELÉFONO FIJO:	02 3790346
TELÉFONO MOVIL:	0996080275

DATOS DE LA OBRA					
TÍTULO:	Propuesta de mitigación de la contaminación en el Río Toachi por efectos de las aguas residuales del Camal Municipal				
AUTOR O AUTORES:	Cevallos Rojas Génesis Nathaly				
FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	Julio, 2018				
DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	Ing. Judit García González, MsC				
PROGRAMA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">PREGRADO</td> <td style="width: 10%; text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="width: 33%;">POSGRADO</td> <td style="width: 24%;"></td> </tr> </table>	PREGRADO	<input checked="" type="checkbox"/>	POSGRADO	
PREGRADO	<input checked="" type="checkbox"/>	POSGRADO			
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera Ambiental y Manejo de Riesgos Naturales				
RESUMEN: Mínimo 250 palabras	<p>La presente investigación se desarrolló en el cantón Santo Domingo sector "El Ébano", el objetivo general fue realizar una propuesta de mitigación de la contaminación del Río Toachi por efecto de las aguas residuales procedentes de la Empresa Pública Municipal de Rastro y Plazas de Ganado. Se realizó un recorrido por el lugar, donde se estableció tres puntos de muestreo (antes, durante y después), el monitoreo se realizó durante tres meses, una vez por mes. Los resultados obtenidos de los parámetros analizados, se compararon con el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) Tabla 1: Máximos permisibles para aguas de consumo humano y fines domésticos</p>				

	<p>que únicamente requieran tratamiento convencional, indicando que el agua no es apta para consumir por la alta cantidad de DQO (Punto1: 9,03 mg L⁻¹; Punto2: 269,38 mg L⁻¹; Punto3: 18,92 mg L⁻¹). Se realizó encuestas para conocer el impacto socio ambiental que ocasiona este matadero a la población aledaña. La propuesta de recuperación se basa en la fitorremediación en humedales superficiales debido que es una tecnología amigable con el ecosistema basada en la capacidad de algunas plantas para asimilar y almacenar compuestos contaminantes como "<i>Chrysopogon zizanioides</i>" que sirve para disminuir el grado de contaminación de las aguas residuales, ayudando en la remoción de DQO como también en la degradación de nitrógeno, fósforo y otros minerales.</p>
<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>Humedal, recurso hídrico, contaminación del agua, fitorremediación, vetiver</p>
<p>ABSTRACT:</p>	<p>The present investigation was developed in Santo Domingo "El Ébano" sector, the general objective was to carry out a proposal to mitigate the pollution of the Toachi River due to the effect of wastewater from the Municipal Public Company of Trace and Livestock. A tour of the place was made, where three sampling points were established (before, during and after), the monitoring was carried out for three months, once a month. The results obtained from the parameters analyzed, were compared with the Unified Text of Secondary Legislation of the Ministry of the Environment (TULSMA) Table 1: Maximum permissible for water for human consumption and domestic purposes that only require conventional treatment, indicating that the water is not suitable to consume for the high amount of COD (Point1: 9.03 mg L⁻¹, Point2: 269.38 mg L⁻¹, Point3: 18.92 mg L⁻¹).</p>

	Surveys were conducted to know the socio-environmental impact that this slaughterhouse causes to the surrounding population. The recovery proposal is based on phytoremediation in superficial wetlands due to the fact that it is an eco-friendly technology based on the capacity of some plants to assimilate and store contaminating compounds such as "Chrysopogon zizanioides" that serves to reduce the degree of contamination of the waters residuals, helping in the removal of COD as well as in the degradation of nitrogen, phosphorus and other minerals.
KEYWORDS	Wetland, water resource, water pollution, phytoremediation, vetiver

Se autoriza la publicación de este Proyecto de Titulación en el Repositorio Digital de la Institución.




f: _____
CEVALLOS ROJAS GÉNESIS NATHALY
 C.I. 235004029-7

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **CEVALLOS ROJAS GÉNESIS NATHALY**, C.I. 235004029-7 autora del proyecto titulado: **PROPUESTA DE MITIGACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN EN EL RÍO TOACHI POR EFECTOS DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL** previo a la obtención del título de **INGENIERA AMBIENTAL Y MANEJO DE RIESGOS NATURALES** en la Universidad Tecnológica Equinoccial.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las Instituciones de Educación Superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Autorizo a la BIBLIOTECA de la Universidad Tecnológica Equinoccial a tener una copia del referido trabajo de graduación con el propósito de generar un Repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Santo Domingo, 24 de julio del 2018

f: 
CEVALLOS ROJAS GÉNESIS NATHALY
C. I. 235004029-7

DECLARACIÓN

Yo **CEVALLOS ROJAS GÉNESIS NATHALY**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Tecnológica Equinoccial puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.



CEVALLOS ROJAS GÉNESIS NATHALY
C.I. 235004029-7

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo que lleva por título “**PROPUESTA DE MITIGACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN EN EL RÍO TOACHI POR EFECTOS DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL**”, que, para aspirar al título de **Ingeniera Ambiental y Manejo de Riesgos Naturales** fue desarrollado por **Génesis Nathaly Cevallos Rojas**, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería; y cumple con las condiciones requeridas por el reglamento de Trabajos de Titulación artículos 19, 27 y 28.



Ing. Judit García González, *MsC.*
DIRECTOR DEL TRABAJO
C. I. 175578936-7

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

De manera especial a mis amados padres Ramón Cevallos y Eloíza Rojas por el esfuerzo espiritual, moral y económico que han realizado durante toda mi vida académica; depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad; los amo con mi vida.

Mis hermanos ya que sin su apoyo y cariño no se habría podido cristalizar esta etapa tan significativa para mi vida. A todos y cada uno de ustedes mi gratitud infinita.

A mi novio Erick, gracias por el apoyo incondicional en mi vida, y por ser esa persona que estuvo ahí conmigo siempre apoyándome y dándome alientos de que todo en la vida es posible.

Génesis Nathaly Cevallos Rojas

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
1. INTRODUCCIÓN	3
2. CONTENIDO TÉCNICO	5
2.1 LOCALIZACIÓN	6
2.2 METODOLOGÍA.....	6
2.2.1 VISITA DE RECONOCIMIENTO DEL ÁREA A TRABAJAR	7
2.2.2 ESTABLECER LOS PUNTOS DE MUESTREO MEDIANTE GEORREFERENCIACIÓN.....	7
2.2.3 TOMA DE MUESTRAS EN LOS PUNTOS	8
2.2.4 ANÁLISIS DE MUESTRAS EN EL LABORATORIO	10
2.3 PARÁMETROS DE EVALUACIÓN.....	10
2.3.1 PROCEDIMIENTO PARA LA CARACTERIZACIÓN FÍSICA DEL AGUA	11
2.3.1.1 Potencial de Hidrógeno (pH).....	11
2.3.1.2 Turbidez.....	11
2.3.1.3 Sólidos Totales	11
2.3.1.4 Sólidos Disueltos	12
2.3.2 PROCEDIMIENTO PARA LA CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DEL AGUA	13
2.3.2.1 Alcalinidad.....	13
2.3.2.2 Oxígeno Disuelto	13
2.3.2.3 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅).....	14
2.3.2.4 Demanda Química de Oxígeno (DQO)	15
2.3.2.5 Dureza Total	16
2.3.2.6 Dureza de Calcio	17
2.3.2.7 Dureza de Magnesio	17
2.3.2.8 Sulfatos.....	18
2.3.2.9 Fosfatos	18
2.3.3 ENCUESTAS IMPACTO SOCIOAMBIENTAL	19
3. RESULTADOS	22
3.1 PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS.....	22
3.2 PARÁMETROS FÍSICOS	23
3.2.1 POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)	23
3.2.2 TURBIDEZ	23
3.2.3 SÓLIDOS TOTALES	24
3.2.4 SÓLIDOS DISUELTOS	25
3.3 PARÁMETROS QUÍMICOS.....	26
3.3.1 ALCALINIDAD	26
3.3.2 OXÍGENO DISUELTO.....	26
3.3.3 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO ₅)	27
3.3.4 DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)	28

3.3.5 DUREZA TOTAL	29
3.3.6 DUREZA DE CALCIO	30
3.3.7 DUREZA DE MAGNESIO	31
3.3.8 SULFATOS	32
3.3.9 FOSFATOS	33
3.4 RESULTADOS DE ENCUESTAS IMPACTO SOCIOAMBIENTAL....	34
3.4.1 PREGUNTA 1	34
3.4.2 PREGUNTA 2	34
3.4.3 PREGUNTA 3	35
3.4.4 PREGUNTA 4	35
3.4.5 PREGUNTA 5	36
3.5 DIAGNÓSTICO.....	38
3.6 PROPUESTA TECNOLÓGICA.....	40
3.6.1 GENERALIDADES VETIVER (<i>Chrysopogon Zizanioides</i>)	43
3.6.2 DISEÑO DEL HUMEDAL	44
3.6.3 DIMENSIONES DEL HUMEDAL	45
3.7 ANÁLISIS ECONÓMICO	45
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	47
REFERENCIAS	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Ubicación de los puntos de muestreo en el Río Toachi	8
Tabla 2.	Técnicas generales para la conservación de muestras de análisis fisicoquímicos	9
Tabla 3.	Métodos para realizar análisis fisicoquímicos del agua en el laboratorio	10
Tabla 4.	Resultados de la caracterización fisicoquímica obtenida de abril mayo y junio en los tres puntos de muestreo del Río Toachi....	22
Tabla 5.	Valor promedio de los tres puntos de muestreo del Río Toachi y comparación con el TULSMA	37
Tabla 6.	Ventajas y desventajas de la fitorremediación	40
Tabla 7.	Función de las plantas en los sistemas de tratamiento.....	42
Tabla 8.	Planta a ser utilizada en el tratamiento de aguas residuales provenientes del camal municipal	42
Tabla 9.	Proyección del costo para la implementación del humedal en el Río Toachi	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Ubicación de la Empresa Pública Municipal de Rastro y Plazas de Ganado-SD	6
Figura 2.	Esquema del proceso de caracterización de agua del Río Toachi.....	7
Figura 3.	Variación mensual de pH en tres puntos del Río Toachi	23
Figura 4.	Variación mensual de Turbidez en tres puntos del Río Toachi.....	24
Figura 5.	Variación mensual de sólidos totales en tres puntos del Río Toachi.....	25
Figura 6.	Variación mensual de sólidos disueltos en tres puntos del Río Toachi.....	25
Figura 7.	Variación mensual de alcalinidad en tres puntos del Río Toachi.....	26
Figura 8.	Variación mensual de oxígeno disuelto en tres puntos del Río Toachi.....	27
Figura 9.	Variación mensual de la DBO ₅ en tres puntos del Río Toachi.....	28
Figura 10.	Variación mensual de DQO en tres puntos del Río Toachi ..	29
Figura 11.	Variación mensual de Dureza Total en tres puntos del Río Toachi.....	30
Figura 12.	Variación mensual de Dureza de Calcio en tres puntos del Río Toachi.....	31
Figura 13.	Variación mensual Dureza de Magnesio en tres puntos del Río Toachi	32
Figura 14.	Variación de Sulfatos mes de julio en tres puntos del Río Toachi.....	32
Figura 15.	Variación de Fosfatos mes de julio en tres puntos del Río Toachi.....	33
Figura 16.	Encuestas pregunta 1	34
Figura 17.	Encuestas pregunta 2.....	34
Figura 18.	Encuestas pregunta 3.....	35
Figura 19.	Encuestas pregunta 4.....	35
Figura 20.	Encuestas pregunta 5.....	36
Figura 21.	<i>Chrysopogon zizanioides</i>	43
Figura 22.	Diseño de humedal con <i>Chrysopogon zizanioides</i> para mitigar la contaminación del Río Toachi.....	45

RESUMEN

La presente investigación se desarrolló en el cantón Santo Domingo sector "EL ÉBANO", el objetivo general fue realizar una propuesta de mitigación de la contaminación del Río Toachi por efecto de las aguas residuales procedentes de la Empresa Pública Municipal de Rastro y Plazas de Ganado. Se realizó un recorrido por el lugar, donde se estableció tres puntos de muestreo (antes, durante y después), el monitoreo se realizó durante tres meses, una vez por mes. Los resultados obtenidos de los parámetros analizados, se compararon con el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) Tabla 1: Máximos permisibles para aguas de consumo humano y fines domésticos que únicamente requieran tratamiento convencional, indicando que el agua no es apta para consumir por la alta cantidad de DQO (Punto1: 9,03 mg L⁻¹; Punto2: 269,38 mg L⁻¹; Punto3: 18,92 mg L⁻¹). Se realizó encuestas para conocer el impacto socio ambiental que ocasiona este matadero a la población aledaña. La propuesta de recuperación se basa en la fitorremediación en humedales superficiales debido que es una tecnología amigable con el ecosistema basada en la capacidad de algunas plantas para asimilar y almacenar compuestos contaminantes como "*Chrysopogon zizanioides*" que sirve para disminuir el grado de contaminación de las aguas residuales, ayudando en la remoción de DQO como también en la degradación de nitrógeno, fósforo y otros minerales.

Palabras claves: Humedal, recurso hídrico, contaminación del agua, fitorremediación, vetiver

ABSTRACT

The present investigation was developed in Santo Domingo "El Ébano" sector, the general objective was to carry out a proposal to mitigate the pollution of the Toachi River due to the effect of wastewater from the Municipal Public Company of Trace and Livestock. A tour of the place was made, where three sampling points were established (before, during and after), the monitoring was carried out for three months, once a month. The results obtained from the parameters analyzed, were compared with the Unified Text of Secondary Legislation of the Ministry of the Environment (TULSMA) Table 1: Maximum permissible for water for human consumption and domestic purposes that only require conventional treatment, indicating that the water is not suitable to consume for the high amount of COD (Point1: 9.03 mg L⁻¹, Point2: 269.38 mg L⁻¹, Point3: 18.92 mg L⁻¹). Surveys were conducted to know the socio-environmental impact that this slaughterhouse causes to the surrounding population. The recovery proposal is based on phytoremediation in superficial wetlands due to the fact that it is an eco-friendly technology based on the capacity of some plants to assimilate and store contaminating compounds such as "*Chrysopogon zizanioides*" that serves to reduce the degree of contamination of the waters residuals, helping in the removal of COD as well as in the degradation of nitrogen, phosphorus and other minerals.

Keywords: Wetland, water resource, water pollution, phytoremediation, vetiver

1. INTRODUCCIÓN

La especie humana ha explotado los diversos recursos que la naturaleza ha puesto a su alcance, la huella de su actividad comenzó siendo muy superficial, ya que las actuaciones humanas se integraban en los ciclos naturales, de tal manera que los residuos eran absorbidos sin problemas por los ecosistemas; en la actualidad los residuos representan una pérdida enorme de recursos (Chacha, 2013).

La situación actual de los Recursos Hídricos a nivel mundial y por consiguiente a nivel local, amerita tomar en consideración su conservación futura, ya que es un recurso que se ha considerado cada vez más escaso (Esquivel, 2012). Esta situación se ve complicada aún más con los procesos de contaminación, por la falta de políticas para una gestión integral de los recursos hídricos, tanto superficiales como subterráneos (Andrade, 2014).

En Ecuador las aguas residuales son un problema recurrente. En el país se descargan 2,3 millones de litros diarios de aguas residuales, según la Secretaría Nacional de Aguas (SENAGUA). De acuerdo con un estudio preliminar de esta institución, realizado desde el 2013 hasta el 2016, el 70% de las muestras recolectadas en diferentes cuerpos de agua de todo el país reveló que el recurso hídrico de dichos ríos no es apto para el consumo humano, por lo que debe ser tratado antes de su consumo directo (COMERCIO, 2017).

Los mataderos municipales presentan altas cantidades contaminantes en el proceso cárnico por los desechos generados como: sangre, contenido ruminal, estiércol y agua, los mismos que normalmente no son tratados de manera óptima antes de ser descargados al recurso hídrico (Alicia, 2012).

Ecuador cuenta con una población de 16.39 millones de habitantes, más 200 mataderos registrados; que en su mayoría están siendo administrados por los municipios.

La ciudad de Santo Domingo no es la excepción debido que posee un número considerable de habitantes 368.013 y un camal municipal (INEC, 2010). La contaminación de los recursos hídricos en esta zona se debe principalmente a la actividad ganadera procedente por camales municipales y clandestinos (MAE, 2012). Se estima que actualmente un 11% de las aguas residuales generadas en Santo Domingo de los Tsáchilas son tratadas; el 89% son descargadas a los ríos ubicados en la zona (MAE, Ministerio del Ambiente, 2013).

En la actualidad el Río Toachi es uno de los principales recursos hídricos en Santo Domingo de los Tsáchilas, pero debido a las descargas de aguas residuales que genera la Empresa Pública Municipal de Rastro y Plazas de Ganado y otras fuentes de contaminación (LA HORA, 2013) hay una ausencia de vida acuática lo cual encamina efectos negativos tanto al medio ambiente y a la población (Altamirano, 2016), el agua residual descargada hacia el recurso hídrico no pasa por un tratamiento físico-químico por ende estas cantidades de agua poseen altas concentraciones de cargas contaminantes (LA HORA, 2012) .

El matadero municipal de Santo Domingo de los Tsáchilas se encuentra ubicado en el sector “El Ébano” kilómetro 3 de la Vía a las Mercedes, el principal inconveniente que ocasiona este centro de faenamiento es la generación de aguas residuales y malos olores debido a la actividad propia del mismo (Alvear, 2015).

Los primeros afectados por los impactos que produce este matadero municipal son los moradores, porque tienen que soportar malos olores, la alteración paisajística y la producción de aguas residuales (LA HORA, 2014), afectando así al recurso hídrico, generando en la vecindad problemas de insalubridad y seguridad sin mencionar las necesidades básicas insatisfechas que se presentan en el sector, puesto que la mayoría de habitantes son de escasos recursos económicos (Peralta, 2016).

Para el desarrollo de esta investigación se estableció como objetivo general realizar una propuesta de mitigación de la contaminación del Río Toachi por efecto de las aguas residuales procedentes de la Empresa Pública Municipal de Rastro y Plazas de Ganado y como objetivos específicos: Realizar análisis físico químicos del agua del Río Toachi antes, durante y después de las descargas. Comparar estos resultados con los parámetros establecidos de la tabla 1 en la Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes: Recurso agua libro VI anexo 1. Determinar la influencia socio ambiental que provocan estas aguas a los moradores del sector. Establecer una propuesta para mitigar la contaminación en el Río Toachi sector “El Ébano”.

2. CONTENIDO TÉCNICO

La identificación de ciertos parámetros contaminantes presentes en el río, contribuirán a la recuperación del cuerpo hídrico para que en el futuro la utilización de dicho recurso se maneje de forma sustentable, mejorando la calidad de vida de la población cercana, justificándose en parte con la disminución de los malos olores y contaminación visual.

Existen amplias investigaciones en lo que respecta a parámetros para la caracterización de aguas, determinados por la visualización y categorización de los impactos que se puedan identificar, fue a partir de aquí que se establecieron los análisis pertinentes a realizarse.

Las determinaciones de las principales fuentes de contaminación del río con respecto a los diferentes parámetros de la calidad del agua facilitarán a la obtención de una línea base sobre la situación en la que se encuentra el cuerpo hídrico, permitiendo establecer una propuesta tecnológica que ayudará a disminuir considerablemente los niveles de contaminación existente (Fierro, 2009).

El deterioro de la calidad del agua es una inquietud a nivel mundial con el crecimiento de la población, los recursos hídricos han indicado tener una gran capacidad de recuperación, pero a su vez son cada vez más vulnerables y están más amenazados por las actividades antropogénicas (Water, 2016).

Jaramillo (2016), afirma que es significativo ejecutar estudios que permitan la evaluación y el análisis hidrológico, para poder recrear la dinámica de los ambientes acuáticos, hacer su caracterización y administrarlos en forma sustentable, es recomendable también realizar un monitoreo constante de los niveles de contaminación, implantando un punto estratégico de muestreo para la determinación de las concentraciones de los contaminantes presentes en el río (Hernández, 2010).

Al no existir información con mayor detalle sobre la calidad del agua del Río Toachi la presente investigación pretende ser una herramienta informativa de las condiciones del agua de dicho río y de esta manera contribuir en el control y disminución de la contaminación ambiental.

2.1 LOCALIZACIÓN

La Empresa Pública Municipal de Rastro y Plazas de Ganado de Santo Domingo (EPMRPG-SD) se encuentra ubicada en la vía Las Mercedes Km 3 en el sector “El Ébano”, Santo Domingo, Ecuador. Las coordenadas UTM de la planta de faenamiento son: 706793 este y 9972943 norte (EPMRPGSD, 2015).

El clima que predomina en la provincia es tropical lluvioso, esto se debe a que es influenciado por las corrientes del Océano Pacífico y está sujeto a las precipitaciones causadas por el fenómeno El Niño. Tiene una temperatura mínima de 22,3 °C mientras que la temperatura máxima de 27,5 °C y la precipitación media anual tiene un valor de 3.200 mm con 287 días de lluvia anualmente (GAD, 2015) .



Figura 1. Ubicación de la Empresa Pública Municipal de Rastro y Plazas de Ganado-SD

2.2 METODOLOGÍA

Para el desarrollo de la investigación se utilizó el método analítico. Según Curt (2007), este método consiste en separar un compuesto permitiendo que sus partes sean observadas como componentes individuales, es decir, de lo general hacia lo específico, siendo el análisis, la información en particular de un determinado elemento. Para realizar los estudios se debe conocer el origen de la muestra con la finalidad de interpretar ágilmente los resultados a obtener.

En la caracterización para obtener el resultado de los parámetros a estudiar se realizaron análisis físico químicos del Río Toachi del cantón Santo Domingo. Se procedió acorde al esquema representado en la figura 2.

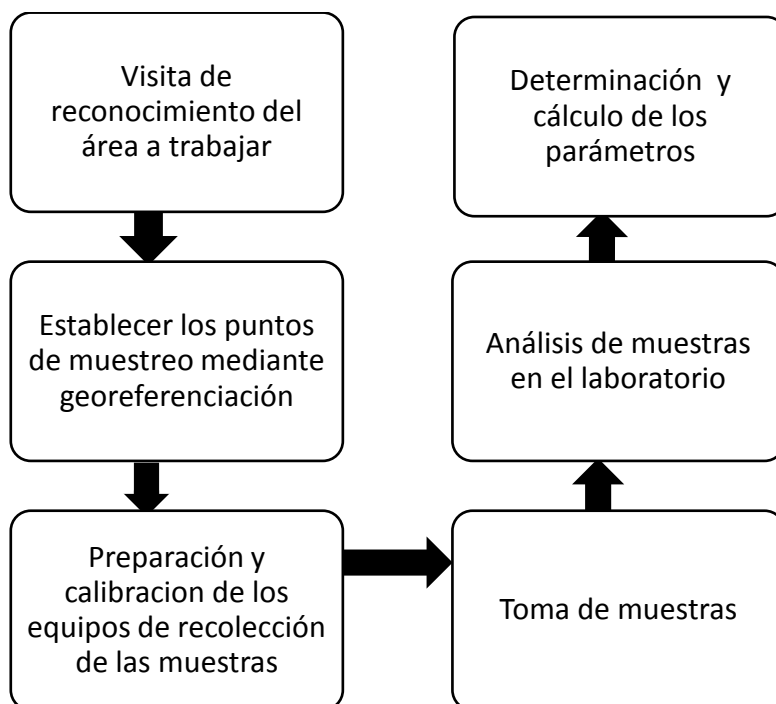


Figura 2. Esquema del proceso de caracterización de agua del Río Toachi

2.2.1 VISITA DE RECONOCIMIENTO DEL ÁREA A TRABAJAR

Se realizó una visita al río Toachi, Cantón Santo Domingo para reconocimiento del área a trabajar. Mediante una observación inicial se identificaron las áreas de toma de muestras, estas acorde a las actividades que influyen de forma directa con la contaminación del Río Toachi. En estudios realizados por Amaya (2015), el método de reconocimiento es una manera de conseguir una aproximación primaria ante una situación determinada pudiendo ser en algunos casos todo lo que se necesite para decidir la situación que atraviesa un ecosistema.

2.2.2 ESTABLECER LOS PUNTOS DE MUESTREO MEDIANTE GEORREFERENCIACIÓN

Según Humboldt (2015), el modelo de referencias usado en la georreferenciación existe una importancia que radica en encontrar un conjunto de entradas que hagan entendible la georreferenciación.

Mediante el uso de un GPS y la ayuda de un mapa, se establecieron puntos geográficos de los lugares a muestrear, hay q tomar en cuenta que aguas río arriba no se encuentran contaminadas por el efluente proveniente del

camal municipal, entonces se estableció 3 puntos de muestreo (antes, durante y después) la Norma Técnica INEN no establece la distancia a realizarse la toma de muestras por ende se realizó la recolección de agua separados por 8 metros cada uno, el primer punto fue tomado aguas arriba con el fin de establecer una línea base que permita conocer los parámetros de la calidad del agua del Río Toachi antes de que entre en contacto con las aguas residuales, el segundo punto se tomará en el momento que entra en contacto el afluente proveniente del camal municipal con las aguas del Río Toachi y el tercer punto será tomada aguas abajo que servirá para identificar en que afecta y como varían los parámetros de la calidad del agua una vez que se mezcla con las aguas residuales

La ubicación de los puntos de muestreo se presenta en la tabla 1.

Tabla 1. Ubicación de los puntos de muestreo en el Río Toachi

Puntos	Ubicación	Coordenadas	
		X	Y
1	Aguas arriba	707020.5	9973268.8
2	Efluente	706976.4	9973329.7
3	Aguas abajo	706956.3	9973373.8

2.2.3 TOMA DE MUESTRAS EN LOS PUNTOS

La toma de muestras se realizó acorde a lo establecido en la normativa técnica ecuatoriana INEN 2169:2013, la misma que explica el manejo y conservación de muestras y se presenta en la tabla 2. Se realizó la toma de muestras durante 2 meses en cada punto, es decir un total de 6 muestras para observar su variación. En contexto Rivas (2013), indican que en estudios de cuantificación de compuestos del agua para conocer las concentraciones totales es necesario tener más elementos para el análisis permitiendo dar una decisión definitiva a una posible intervención.

Tabla 2. Técnicas generales para la conservación de muestras de análisis fisicoquímicos

Parámetros	Tipo de recipiente	Técnicas de conservación	Tiempo máximo de conservación
pH	P ⁽¹⁾ o V ⁽²⁾	Se enfría entre 1°C y 5°C	6 horas
Turbidez	P o V	Se enfría entre 1°C y 5°C	24 horas
Sólidos Totales	P o V	Refrigerar entre 2°C y 5°C	24 horas
Sólidos Disueltos	P o V	---	24 horas
Alcalinidad	P o V	Se enfría entre 1°C y 5°C	24 horas
OD	Vidrio	Fijar oxígeno y guardar en obscuridad	4 días a lo mucho
DBO ₅	P o V	Refrigerar entre 2 y 5°C y guardar en la obscuridad	24 horas
DQO	P o V	Acidificar a pH < 2 con H ₂ SO ₄ refrigerar entre 2 y 5°C	5 días
Dureza Total	P o V	Acidificar entre pH 1 a 2 con HNO ₃	1 mes
Dureza de Calcio	P o V	Acidificar entre pH 1 a 2 con HNO ₃	1 mes
Magnesio	P o V	Acidificar entre pH 1 a 2 con HNO ₃	1 mes
Sulfatos	P o V	Se enfría entre 1°C y 5°C	1 mes
Fosfatos	P o V	Se enfría entre 1°C y 5°C	24 horas

Tomado de: Norma Técnica Ecuatoriana INEN (2013). Manejo y conservación de Muestras

(1) Plástico

(2) Vidrio

2.2.4 ANÁLISIS DE MUESTRAS EN EL LABORATORIO

Se procedieron a realizar los análisis de laboratorio especificando los parámetros necesarios. Los métodos y normas utilizadas para la determinación de los parámetros fisicoquímicos se detallan a continuación en la tabla 3.

Tabla 3. Métodos para realizar análisis fisicoquímicos del agua en el laboratorio

Parámetros	Unidades	Método	Normas
pH	----	Potenciómetro	NMX-AA-008-SCFI-2000
Turbidez	NTU	Turbidímetro	NMX-AA-038-SCFI-2001
Sólidos Totales	mg L ⁻¹	Gravimétrico	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólido Disueltos	mg L ⁻¹	Gravimétrico	NMX-AA-034-SCFI-2001
Alcalinidad	mg L ⁻¹	Volumétrico	NMX-AA-036-SCFI-2001
OD	mg L ⁻¹	Winkler	NMX-AA-012-SCFI-2001
DBO ₅	mg L ⁻¹	Winkler	NMX-AA-012-SCFI-2001
DQO	mg L ⁻¹	Reflujo cerrado	NMX-AA-030/2-SCFI-2011
Dureza	mg L ⁻¹	Volumétrico	NMX-AA-072-SCFI-2001
Calcio	mg L ⁻¹	Volumétrico	NMX-AA-072-SCFI-2001
Magnesio	mg L ⁻¹	Volumétrico	NMX-AA-072-SCFI-2001
Sulfatos	mg L ⁻¹	Turbidimétrico	NMX-AA-074-SCFI-2014
Fosfatos	mg L ⁻¹	Cloruro estano	NMX-AA-029-SCFI-2001

NTU= Unidades Nefelométricas de Turbidez

2.3 PARÁMETROS DE EVALUACIÓN

Se analizaron los parámetros físicos químicos con sus respectivas normas como se indica en la tabla 3. Se midieron los criterios de la calidad del agua como; el pH, Turbidez, Sólidos totales, Sólidos disueltos, Alcalinidad, Calcio, Magnesio, Oxígeno Disuelto, Demanda Química de Oxígeno y Demanda Bioquímica de Oxígeno. Estos resultados se compararán con el Texto Unificado de Legislación Secundaria para el Medio Ambiente (TULSMA) según los criterios establecidos en la Tabla 1 máximos permisibles para aguas de consumo humano y fines domésticos que únicamente requieran tratamiento convencional.

2.3.1 PROCEDIMIENTO PARA LA CARACTERIZACIÓN FÍSICA DEL AGUA

2.3.1.1 Potencial de Hidrógeno (pH)

- Se realizó acorde al método potenciómetro establecido en la norma NMX-XX-008XSCFI-2000. El equipo utilizado fue un Mettler-Toledo AG, 8603 Schwerzenbach con soluciones calibradoras. Para la determinación del pH se procedió a encender el pH-metro y se realizó el respectivo procedimiento de calibración, con las soluciones buffer pH 4.0 y pH 7.0 correspondientemente y se enjuagó el electrodo con agua destilada.

- Luego se colocó en un vaso de precipitado de 100 mL un volumen de 50 mL de muestra de agua, donde se procedió a introducir el electrodo y se presionó el botón "read".

- Se esperó hasta que se estabilice la lectura y por último se realizó la toma de los valores de pH.

2.3.1.2 Turbidez

En la determinación de este parámetro se procedió como referencia lo establecido en la normativa mexicana NMX-AA-038-SCFI-2001, el equipo que se utilizó fue un Lovibond T3 210 IR, para determinar este parámetro se encendió el Turbidímetro, siguiente a esto se realizó la respectiva calibración con la solución 20 UNT y se esperó hasta que se estabilice. Una vez estabilizado el equipo se colocó un volumen de 10 ml en la porta muestra del equipo, se presionó el botón "read" y se apuntó la lectura correspondiente en unidades nefelométricas de turbidez (NTU).

2.3.1.3 Sólidos Totales

- En el método gravimétrico establecido en la norma NMX-AA-034-SCFI-2001, para el análisis de los sólidos totales primero se introdujeron las cápsulas de porcelana en una estufa a 105°C, aproximadamente por 2 horas, luego se las retiró con una pinza y se colocaron dentro de un desecador al vacío para que se enfríen durante 15 min.

- Las cápsulas frías se pesaron en una balanza de precisión y se procedió a registrar los respectivos pesos.

- Posteriormente con una probeta se midió 25 mL de muestra de agua y se la colocó dentro de la cápsula ya pesada y rotulada.

- Después se puso a secar las muestras de agua a baño maría durante 3 horas aproximadamente e inmediatamente fueron introducidas nuevamente

en la estufa de marca Mettler Toledo a 60°C durante 12 horas para secarlas completamente.

- Una vez que pasó las 12 horas, se retiraron las cápsulas de la estufa y se procedió a colocarlas nuevamente en el desecador al vacío para su enfriamiento y seguidamente se realizó el respectivo pesado de las mismas.

La determinación de sólidos totales se obtuvo mediante la fórmula:

$$ST \text{ (mg L}^{-1}\text{)} = \frac{(PT2 - PT1) \times 1000000}{V \text{ (mL)}}$$

Dónde:

PT1 = Peso de la cápsula de porcelana vacía (g)

PT2 = Peso de la cápsula de porcelana después del secado (g)

V (mL) = Volumen de muestra en mililitros

2.3.1.4 Sólidos Disueltos

Para la determinación de los sólidos disueltos se procedió a realizar el mismo procedimiento que se hizo para los sólidos totales a diferencia que en este proceso se utilizó papel filtro. Los 25 mL de muestra de agua fueron previamente filtrados con ayuda de Embudo Büchner, Kitasato y una bomba de vacío. Los resultados se calcularon con la fórmula:

$$\text{mg L}^{-1} \text{ (SD)} = \frac{(PD2 - PD1) \times 1000000}{V \text{ (mL)}}$$

Dónde:

PD1 = Peso de la cápsula de porcelana vacía (g)

PD2 = Peso de la cápsula de porcelana después del secado (g)

V (ml) = Volumen de muestra en mililitros

2.3.2 PROCEDIMIENTO PARA LA CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DEL AGUA

2.3.2.1 Alcalinidad

Para la determinación de este parámetro volumétrico acorde a lo establecido en la norma NMX-AA-036-SCFI-2001, se trabajó de la siguiente manera:

-Se agregaron 25 mL de la muestra problema en un matraz Erlenmeyer, luego se colocaron gotas del indicador rojo de metilo, se agitó para homogenizar y se realizó la respectiva titulación hasta su primer viraje con una dilución de ácido sulfúrico con concentración 0,05 (H₂SO₄).

Para realizar el cálculo pertinente se utilizó la fórmula:

$$\text{mg L}^{-1} \text{CO}_3^{-2} = \frac{Y \times N \times 50000}{\text{mL de muestra}}$$

Dónde:

Y = Volumen consumido del ácido sulfúrico

N = Normalidad exacta del ácido

mL de muestra = Volumen utilizado para la titulación

50000= Equivalente químico Ca CO₃

2.3.2.2 Oxígeno Disuelto

La evaluación se realizó según lo establecido en la norma mexicana NMX-AA-012-SCFI-2001, usada también en la DBO₅, se trabajó con una diferencia que es la variable de tiempo, al oxígeno disuelto se lo dejó por 15 minutos aproximadamente en la oscuridad hasta que se precipite y sedimente en su totalidad.

El cálculo se obtuvo con base a:

$$\text{O}_2 \text{ (mg L}^{-1}\text{)} = \frac{\text{ml tiosulfato} \times N \times 8000}{B - R}$$

Dónde:

N = Normalidad del tiosulfato de sodio

R = Volumen de los reactivos añadidos

8000 = Equivalente de oxígeno

B = Volumen de la botella

2.3.2.3 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)

Las muestras de agua contenidas en una botella de Winkler (300 mL) se trabajaron desde el momento en que llegaron al laboratorio siendo su procedimiento el establecido en la norma NMX-AA-012-SCFI-2001, para lo cual:

- Se añadió a cada muestra, 2 mL de una solución fijadora de oxígeno de sulfato manganoso ($MnSO_4 \cdot H_2O$), adicional se colocó 2 mL de una disolución alcalina de azida sódica (NaN_3), se taparon y agitaron las botellas dejándolas sedimentarse por cinco días en un lugar oscuro.

- Transcurridos los cinco días se añadió a cada una de las muestras 2 mL de ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4) y se agitó nuevamente hasta disolver completamente el precipitado, tornándose la solución a un color amarillento.

- Se tomaron 50 mL de la solución en un matraz Erlenmeyer de 200 mL y se tituló con disolución estándar de tiosulfato de sodio ($Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$) hasta obtener un color amarillo pálido.

- Posterior al proceso de titulación se adicionó gotas de solución de almidón a cada muestra mientras se homogeniza hasta tornarse un color azul para continuar la titulación con la disolución de tiosulfato hasta que presente un viraje a transparente, y se registró el volumen consumido por muestra.

La expresión de los resultados se da en $mg L^{-1}$ y fueron obtenidos mediante las siguientes fórmulas:

- Oxígeno inicial (valor del oxígeno disuelto)

$$O_2 \text{ (mg L}^{-1}\text{)} = \frac{\text{ml tiosulfato} \times N \times 8000}{B - R}$$

Dónde:

N = Normalidad del tiosulfato de sodio

R = Volumen de los reactivos añadidos

8000 = Equivalente del oxígeno

B = Volumen de la botella

- Oxígeno final (valor de la DBO₅)

$$O_2 \text{ (mg L}^{-1}\text{)} = \frac{\text{ml tiosulfato} \times N \times 8000}{B - R}$$

Para el cálculo final se requiere:

$$O_2 \text{ (5 días)} - O_1 \text{ (Día del muestreo)}$$

La misma que se refiere a la resta del Oxígeno final menos el Oxígeno inicial.

2.3.2.4 Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Para el análisis de la DQO mediante el método de reflujo cerrado tal como se establece en la normativa mexicana NMX-AA-030/2-SCFI-2011, se procedió de la siguiente manera:

- Se puso a precalentar el digestor a 150°C. Se tomó agua destilada para la preparación de un blanco, además se tomó agua de cada una de las muestras problema y estas fueron colocadas en los distintos viales de digestión.
- Posteriormente se agitó las soluciones y se destapó los viales para que los gases producidos por la reacción no generen un peligro al momento de realizar la medición. Se colocó en el digestor precalentado previamente a 150°C y se dejó en digestión durante 120 min.
- Transcurrido ese tiempo se retiraron los tubos y se los dejó en una gradilla para enfriamiento a temperatura ambiente.
- Se utilizó un Espectrofotómetro VIS, Milton Roy con categoría 332278 de 0,7 AMP para realizar las respectivas mediciones. Concluida la etapa de enfriamiento se tomó el blanco y se colocó dentro del espectrómetro para calibrarlo, con el equipo listo se realizaron las mediciones de absorbancia para cada una de las muestras permitiendo registrar la lectura emitida. Los resultados se expresaron en mg L⁻¹ mediante la siguiente fórmula:

$$Y \text{ mg L}^{-1} = mX + b$$

Dónde:

Y = Absorbancia

m = Pendiente de la recta

X = Concentración

b = Punto de intersección con el eje de la Y

2.3.2.5 Dureza Total

Acorde a la normativa mexicana NMX-AA-073-SCFI-2001 para el cálculo de la dureza total se procedió de la siguiente manera:

- Se tomaron 25 mL de la muestra problema la misma que fue trasvasada a un matraz Erlenmeyer de 50 mL.
- Se agregó 1 mL de Buffer pH 10 en cada muestra a analizar.
- Posteriormente se agregó 1 mL de solución de cianuro de potasio (KCN).
- Colocadas las soluciones se añadió el reactivo negro de Eriocromo T.
- Se agitó hasta lograr disolución del reactivo y se tituló con solución EDTA 0,02 M.
- Titular, hasta viraje color azul y calcular con la fórmula:

$$DT \text{ CaCO}_3 \text{ (mg L}^{-1}\text{)} = \frac{V1 \times M \times 100000}{V \text{ de muestra}}$$

Dónde:

V1 = Volumen gastado de EDTA en mL

M = Molaridad exacta del EDTA

V = Volumen de la muestra en mL

100000 = Factor de conversor a Ca CO₃

2.3.2.6 Dureza de Calcio

- Se tomaron 25 mL de la muestra problema la misma que fue trasvasada a un matraz Erlenmeyer de 50 mL.
- Se agregó 1 mL de Buffer pH 12 en cada muestra a analizar.
- Posteriormente se agregó 1 mL de solución de cianuro de potasio (KCN) al 1%.
- Una vez colocadas las soluciones se añadió una pisca Murexida.
- Se agitó hasta lograr disolución del reactivo y se tituló con solución EDTA 0,02 M.
- Titular y homogenizar hasta obtener un color de rosa a violeta.

Posteriormente se realizó el cálculo mediante la fórmula:

$$\text{Ca}^{++}(\text{mg L}^{-1}) = \frac{V2 \times M \times 40000}{V \text{ de muestra}} \times \frac{50}{20}$$

Dónde:

V2 = Volumen gastado de EDTA en mL

M = Molaridad exacta del EDTA

V = Volumen de la muestra en mL

40000 = Constante

50 = Equivalente gramos de Carbonato de Calcio

20 = Equivalente gramos de Carbonato de Calcio

2.3.2.7 Dureza de Magnesio

Para determinar el valor de dureza de magnesio se aplicó la siguiente fórmula utilizando los valores de dureza total y dureza de calcio:

$$\text{Mg}^{++}(\text{mg L}^{-1}) = \frac{(V1 - V2) \times M \times 24300}{V \text{ de muestra}} \times \frac{50}{12,15}$$

Dónde:

V1 = Volumen del EDTA gastado en la dureza total, en mL

V2 = Volumen gastado de EDTA gastados en la dureza del Calcio, en mL

M = Molaridad exacta del EDTA

V= Volumen de la muestra, en mL

24300 = Peso molecular Mg

2.3.2.8 Sulfatos

En la determinación de los sulfatos mediante el método volumétrico el procedimiento fue acorde a lo que se establece en la normativa mexicana NMX-AA-074-SCFI-2014, para el que se procedió lo siguiente:

- Se colocó en un balón de aforo de 50 mL la muestra problema, se añadió una solución acondicionadora de sulfatos, en conjunto se le agregó cloruro de bario. Brevemente se agitó y aforó el balón. Se continuó agitando durante un minuto aproximadamente. Se preparó además un blanco para calibración del equipo. El equipo utilizado fue un espectrofotómetro VIS, Milton Roy. Culminado el proceso se leyó de inmediato la absorbancia en una longitud de onda a 410nm.

2.3.2.9 Fosfatos

El procedimiento para determinar los fosfatos se detalla a continuación:

- En un balón de 25 ml se colocó un volumen de muestra.
- Se agregó 4 ml de la solución de molibdato de amonio y se mezcló.
- Se adicionó 0.5 mL de la solución cloruro estanoso, se agitó.
- Por consiguiente, se aforó a 25 ml con la muestra, se dejó en reposo en la oscuridad por cinco minutos.
- Se preparó el blanco con agua destilada siguiendo el mismo procedimiento.
- Una vez transcurrido los 5 minutos, se procedió a leer las muestras en el espectrofotómetro a 690 nm.

2.3.3 ENCUESTAS IMPACTO SOCIOAMBIENTAL

Para analizar el impacto socio ambiental en el sector se realizaron encuestas a los moradores, ya que los resultados que arrojan son de más fácil interpretación. El sector está conformado por los habitantes del barrio “EL ÉBANO” de la parroquia Río Toachi, cantón de Santo Domingo, provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas. De acuerdo con la Dirección de Agua Potable y Alcantarillado del Gobierno Autónomo Descentralizado de Santo Domingo la población total estimada es de 510 Habitantes y 82 Viviendas.



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

El presente instrumento tiene como finalidad conocer el impacto socio ambiental que provocan estas aguas procedentes del Camal Municipal a los moradores del sector.

1.- ¿En qué horario del día es más fuerte el olor proveniente del camal municipal?

MAÑANA

TARDE

NOCHE

2.- ¿Alguno de sus familiares o vecinos que viven en el sector “El Ébano” han presentado enfermedades por transmisión de vectores, principalmente relacionados con el sistema digestivo?

SI

NO

3.- ¿Conoce Ud. de algún familiar o vecino del sector que trabaje en el Camal Municipal?

SI

NO

4.- ¿Considera Ud. que la presencia del camal municipal es la responsable de los malos olores en el barrio?

SI

NO

5.- ¿Cree Ud. que debe ser reubicado el camal municipal?

SI

NO

Para conocer el total de personas a encuestar se aplicó la fórmula del tamaño de la muestra:

Ecuación estadística para proporciones poblacionales

$$n = \frac{z^2(p * q)}{e^2 + \frac{(z^2(p * q))}{N}}$$

n = Tamaño de la muestra

z = Nivel de confianza deseado

p = Proporción de la población con la característica deseada (éxito)

q = Proporción de la población sin la característica deseada (fracaso)

e = Nivel de error dispuesto a cometer

N = Tamaño de la población

Una vez aplicada la fórmula para calcular el tamaño de la muestra se obtuvo un resultado de 81 personas a ser encuestadas teniendo en cuenta que el nivel de confianza para este estudio fue de 99% y con margen de error 1%.

Para la construcción de esta propuesta técnica se realizaron análisis físico químicos para determinar el grado de concentración y afectación de los diferentes parámetros que sufre la calidad del agua al momento de las descargas provenientes del camal municipal con el Río Toachi, además hay que tener en cuenta que las descargas de los camales municipales son abundantes en materia orgánica y sólidos elementos que a través de la técnica de fitorremediación y utilizando distintas plantas como Jacinto de agua, lenteja de agua, caña guadua y otras, garantizarán la reducción de la contaminación existente y según la bibliografía investigada el pasto vetiver es el más usado para la fitorremediación ya que remueve, transforma hasta un 98% de la contaminación existente en aguas residuales siempre y cuando sea utilizado en un sistema de humedal que posea un lecho filtrante.

3. RESULTADOS

Se compararon con la norma vigente los parámetros de cada punto con la finalidad de cuantificar los criterios de calidad del agua del Río Toachi los cuales se localizan en el Libro VI, Anexo I de Legislación Secundaria para el Medio Ambiente (TULSMA, 2015), siendo el criterio a compararse el siguiente: Máximos permisibles para aguas de consumo humano y fines domésticos que únicamente requieran tratamiento convencional.

3.1 PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS

Los análisis físicos fueron evaluados durante los meses de abril y mayo del 2018, para su caracterización se siguieron las normativas mencionadas en la tabla 3. Los resultados de los parámetros fisicoquímicos en los puntos de muestreo (1,2 y 3), se muestran en la tabla 4.

Tabla 4. Resultados de la caracterización fisicoquímica obtenida de abril mayo y junio en los tres puntos de muestreo del Río Toachi

Parámetros	Unidades	Abril			Mayo		
		P 1	P 2	P 3	P 1	P 2	P 3
pH	----	6,6	7,2	7,31	6,55	7,54	7,42
Turbidez	NTU	28,9	51,9	30,4	29	54,4	33,7
Sólidos Totales	mg L ⁻¹	336	340	324	343	370	338
Sólidos Disueltos	mg L ⁻¹	260	372	280	263	378	285
Alcalinidad	mg L ⁻¹	12	18	24	11	30	25
OD	mg L ⁻¹	4,5	1,5	4,1	4,2	1,2	3,7
DBO ₅	mg L ⁻¹	1,9	0,3	1,3	1,5	0,2	1,1
DQO	mg L ⁻¹	5,73	266,08	15,62	12,32	272,67	22,21
Dureza Total	mg L ⁻¹	120	152	112	122	161	123
Dureza de Calcio	mg L ⁻¹	40	104	36	39	101	34
Dureza de Magnesio	mg L ⁻¹	80	48	76	83	60	89
				Julio			
			P1	P 2		P 3	
Sulfatos	mg L ⁻¹		22,98	52,63		24,95	
Fosfatos	mg L ⁻¹		3,5	11,09		9,27	

3.2 PARÁMETROS FÍSICOS

3.2.1 POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)

El pH del agua del Río Toachi durante los meses de muestreo (abril, mayo) se encontraba en un rango de 6,55-7,54 unidades, tal como se muestra en la figura 3. Según el TULSMA las variaciones del pH que no sean menores a 6,5 ni mayores de 9.0 no demuestran un riesgo para la preservación de flora y fauna en aguas dulces y cálidas. El punto 1 fue el que presentó menor variación a través de los meses de estudio. El punto 3 mostró mayor variación en unidades de pH siendo esta de 7,31 en el mes de abril y 7,42 en mayo.

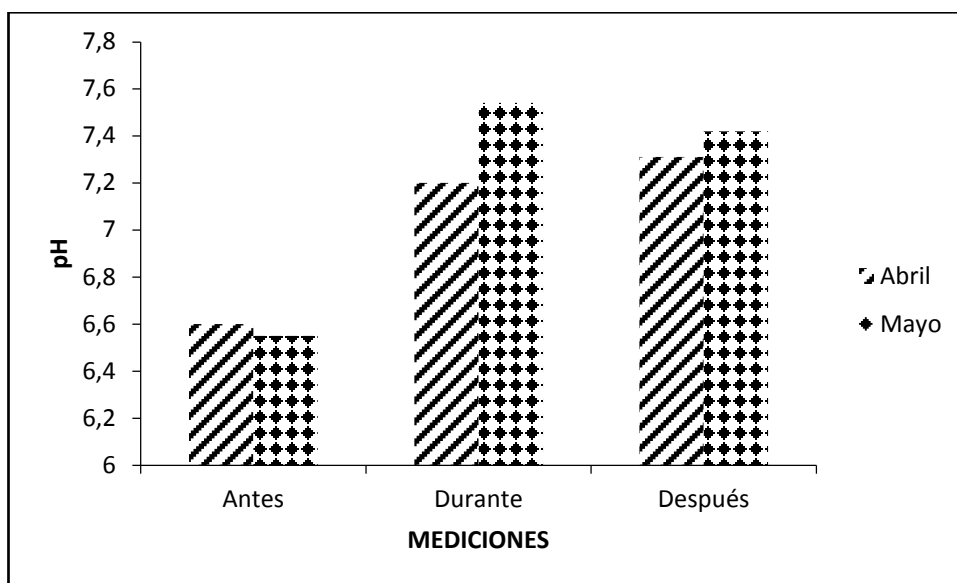


Figura 3. Variación mensual de pH en tres puntos del Río Toachi

3.2.2 TURBIDEZ

Las concentraciones de turbidez están sujetas a variar por la presencia de partículas suspendidas que se relacionan con la actividad realizada como también la época de muestreo Mayorga (2016), acorde a la figura 4, se obtuvieron variaciones entre los diferentes puntos de muestreo para la medición de las unidades nefelométricas de turbidez, el punto 2 cuyo lugar de descarga obteniendo datos de 51,9 mg L⁻¹ en el mes de abril y 54,4 mg L⁻¹ en el mes de mayo, con respecto al punto 1 se obtuvo una medida de 28,9 mg L⁻¹ en el mes de abril y 29 mg L⁻¹ en el mes de mayo. En el punto 3 con valores de 30,4 mg L⁻¹ en el mes de abril y 33,7 mg L⁻¹ en mayo.

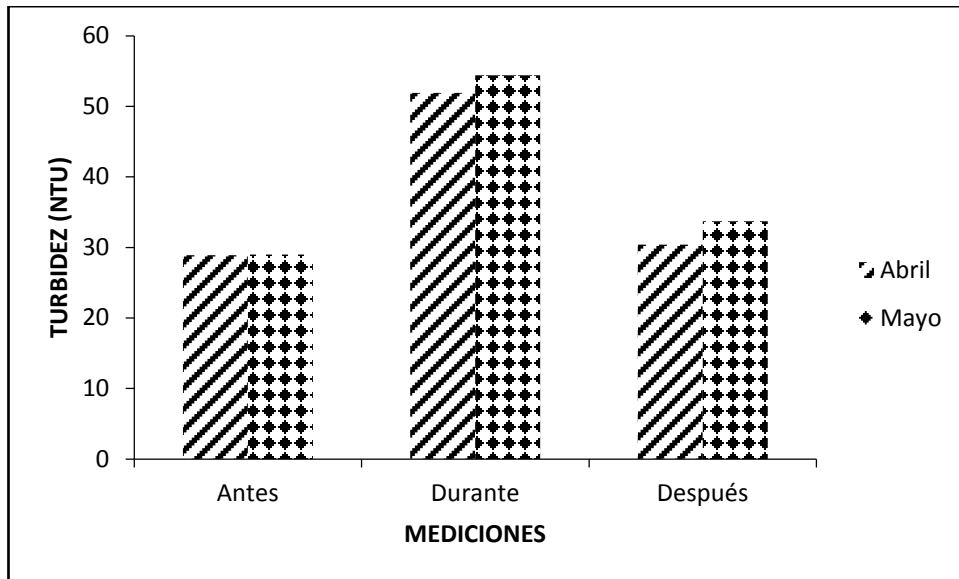


Figura 4. Variación mensual de Turbidez en tres puntos del Río Toachi

3.2.3 SÓLIDOS TOTALES

El comportamiento de los sólidos totales del río Toachi se muestra en la figura 5, donde se observó que los puntos 1, 2 y 3 en el mes de abril había una concentración de 336 mg L^{-1} , 340 mg L^{-1} y 324 mg L^{-1} en el orden antes mencionado. Es importante mencionar que el TULSMA no presenta límites máximos permisibles para este parámetro en ninguno de sus criterios, sin embargo, en el mes de mayo el punto 2 presentó un aumento llegando a 370 mg L^{-1} siendo así este el punto más relevante en cuanto a su elevada concentración, por ende, demostró una mayor cantidad de partículas las cuales pueden afectar a la vida acuática. Este comportamiento se debe porque en el mes de abril fue temporada lluviosa y por ende los materiales suspendidos eran arrastrados por el mismo caudal del río al contrario en el mes de mayo las partículas quedaban suspendidas.

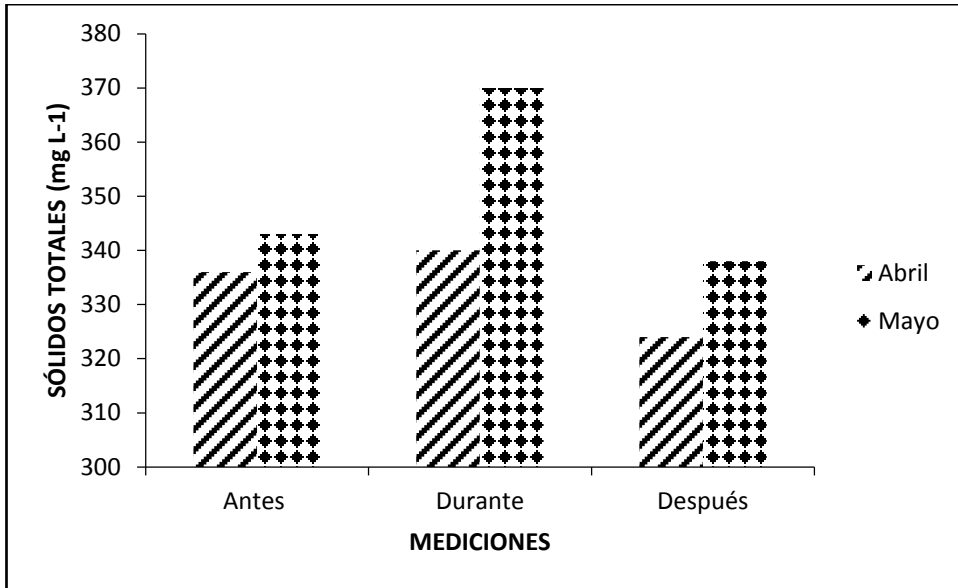


Figura 5. Variación mensual de sólidos totales en tres puntos del Río Toachi

3.2.4 SÓLIDOS DISUELTOS

En la figura 6 se puede ver que la cantidad de sólidos disueltos varía ligeramente con respecto a la cantidad de sólidos totales, tienen comportamiento similar porque los sólidos disueltos obtienen relación directa con los sólidos totales en donde así mismo la fluctuación de los valores son dados a razón del arrastre del material en suspensión en el río. El mes de mayo en el punto 2 fue el de mayor valor siendo éste de 378 mg L^{-1} , en cambio en el mes de abril en el punto 1 de menor valor 260 mg L^{-1} .

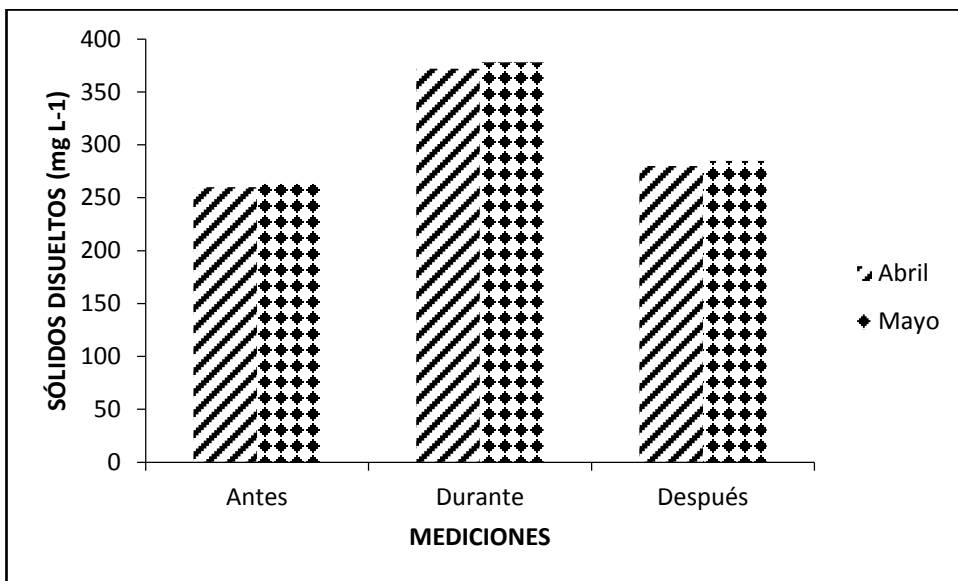


Figura 6. Variación mensual de sólidos disueltos en tres puntos del Río Toachi

3.3 PARÁMETROS QUÍMICOS

3.3.1 ALCALINIDAD

La variación de alcalinidad acorde a la figura 7 indicó que para el punto 1 demostró en el mes de abril un resultado de 12 mg L⁻¹ mientras que para mayo mostró una disminución en los resultados siendo este 11 mg L⁻¹. En el punto 2 se encontró una concentración de 18 mg L⁻¹ en el mes de abril además se obtuvo un valor de 30 mg L⁻¹ en el mes de mayo por lo que puede considerarse que el agua residual cuando entra en contacto con el recurso hídrico tiene un alto grado de afectación hacia el mismo y para la vida acuática existente. Se denota además que en el punto 3 el mes de abril se obtuvo un resultado de 24 mg L⁻¹ mientras que en el mes de mayo 25 mg L⁻¹. Los criterios de calidad para este parámetro no se encuentran establecidos en la tabla del TULSMA para ninguno de los criterios de calidad del agua.

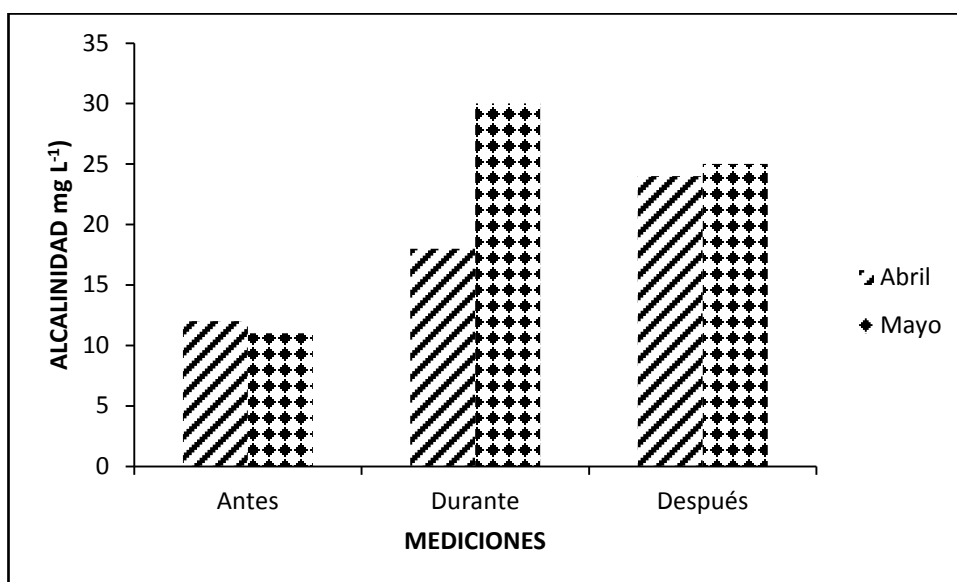


Figura 7. Variación mensual de alcalinidad en tres puntos del Río Toachi

3.3.2 OXÍGENO DISUELTO

Según González (2017), la mayoría de los organismos acuáticos necesitan oxígeno para sobrevivir y crecer. Gómez (2000), dice que “la mayoría de ríos y riachuelos requieren un mínimo de 5 o 6 mg L⁻¹ para poder soportar la vida acuática y que los valores que están por debajo de 3 mg L⁻¹ dañan a la mayoría de organismos acuáticos” como se visualizan la figura 8 algunos de los valores son menores a 3 mg L⁻¹ es decir en este recurso hídrico existe poca vida acuática lo cual representa que estas descargas de aguas residuales si afectan al recurso hídrico, en la normativa ambiental vigente no se registran los límites máximos permisibles.

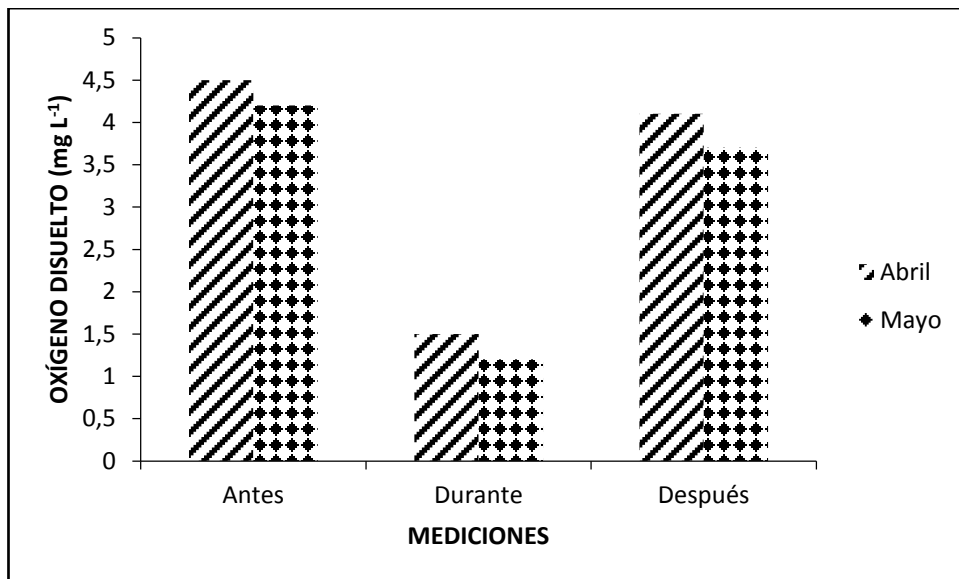


Figura 8. Variación mensual de oxígeno disuelto en tres puntos del Río Toachi

3.3.3 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO₅)

Se presentó acorde a la figura 9 las concentraciones de la DBO₅ en los meses de abril y mayo, las cuales presentan valores diferenciados entre cada punto, el punto más destacado fue el punto 1 en el mes de abril alcanzando una concentración de 1,9 mg L⁻¹, los valores encontrados no representan según el TULSMA un grado perjudicial para ninguno de los criterios de calidad establecidos en la tabla ,1 el cuál se refiere a máximos permisibles para aguas de consumo humano y fines domésticos que únicamente requieran tratamiento convencional.

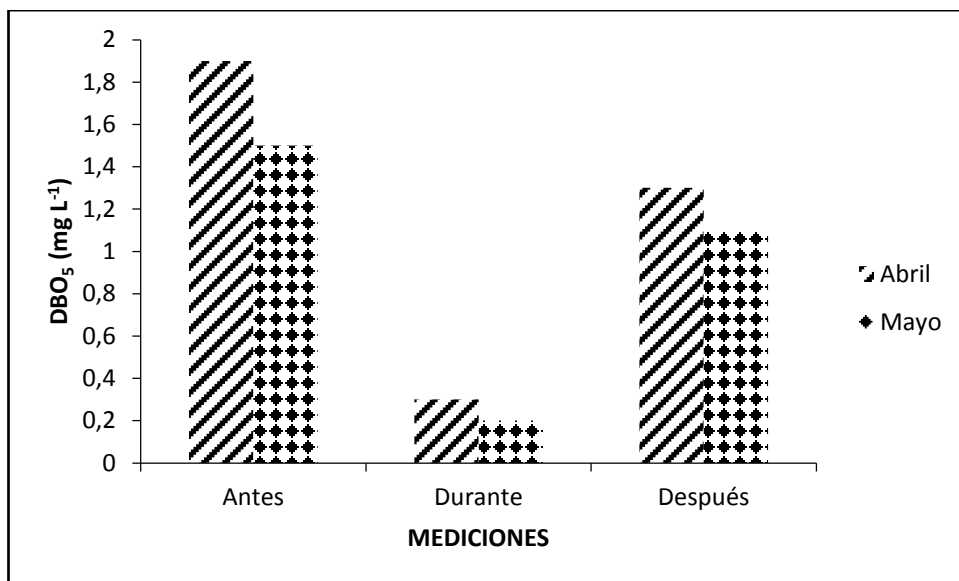


Figura 9. Variación mensual de la DBO5 en tres puntos del Río Toachi

3.3.4 DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)

La demanda química de oxígeno presentó un comportamiento variante debido a la descarga de las aguas residuales hacia el Río Toachi, se muestra en la figura 10; se puede concluir con los resultados obtenidos que aguas arriba existen sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos que hay disueltas o en suspensión, Toaquiza (2004) y al ser descargadas estas aguas residuales hacia el recurso hídrico sus valores sobrepasan la norma establecida según el TULSMA, lo que establece valores menores a 4 mg L^{-1} y en los resultados se obtuvieron en el mes de abril 266,08 en el punto 2 y en el mes de mayo llegando a 272,67 se muestra una contaminación muy grave existente actualmente la cual supera a lo establecido en la tabla 1 del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA).

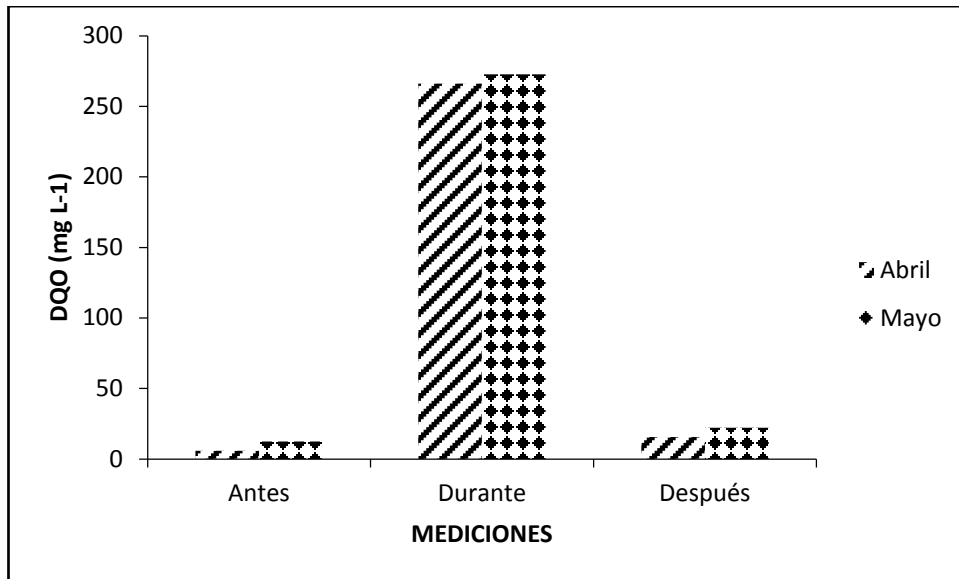


Figura 10. Variación mensual de DQO en tres puntos del Río Toachi

3.3.5 DUREZA TOTAL

Debida la separación de las áreas de muestreo y la diferencia en las actividades que se realizan, la dureza enmarca según la figura 11 concentraciones variadas, el punto 2 alcanzó una de las concentraciones más altas llegando a 161 mg L^{-1} , correspondiente al mes de mayo y 152 mg L^{-1} en abril siendo estas aguas duras, dentro de los límites máximos permisibles del criterio para aguas de consumo humano y uso doméstico su valor es 500 mg L^{-1} por lo que se estableció que los puntos se encuentran en un rango aceptable. El punto 1 y 3 se encuentran en un rango de 120 mg L^{-1} a 123 mg L^{-1} caracterizados como aguas medias para los dos meses de muestreo.

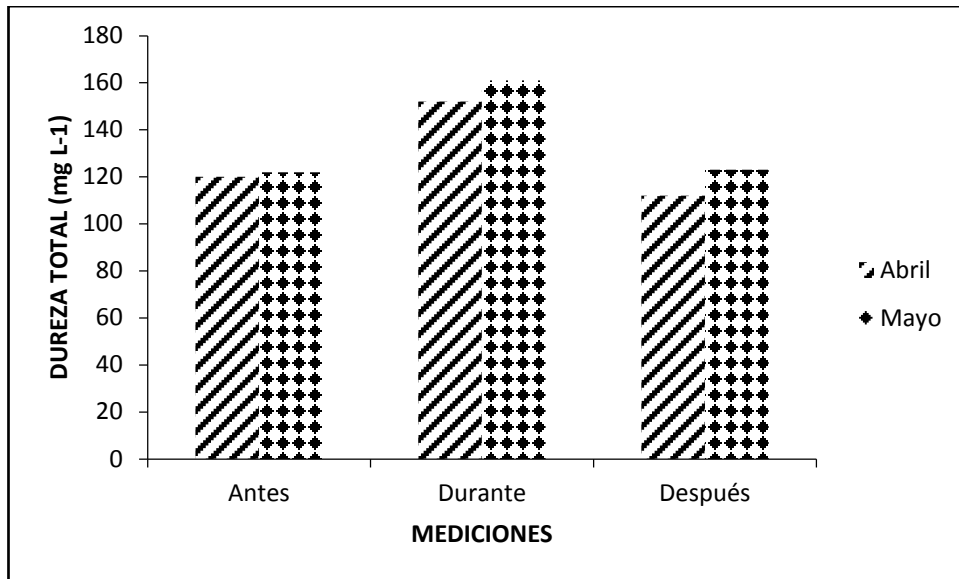


Figura 11. Variación mensual de Dureza Total en tres puntos del Río Toachi

3.3.6 DUREZA DE CALCIO

Según la figura 12. Las concentraciones significativamente superiores fueron en el punto 2 obteniendo en el mes de abril 104 mg L^{-1} y mayo 101 mg L^{-1} esto se debe a que están directamente relacionados con los efluentes procedentes de la Empresa Pública (López J. , 2007). El punto 1 y 3 no presentaron mayor problema ya que estas muestras se la realizaron antes y después de las descargas. En el Texto Unificado de Legislación Secundaria para el Medio Ambiente no se registra los límites máximos permisibles para el Calcio; en la tabla 1 en la cual se refiere a máximos permisibles para aguas de consumo humano y fines domésticos que únicamente requieran tratamiento convencional.

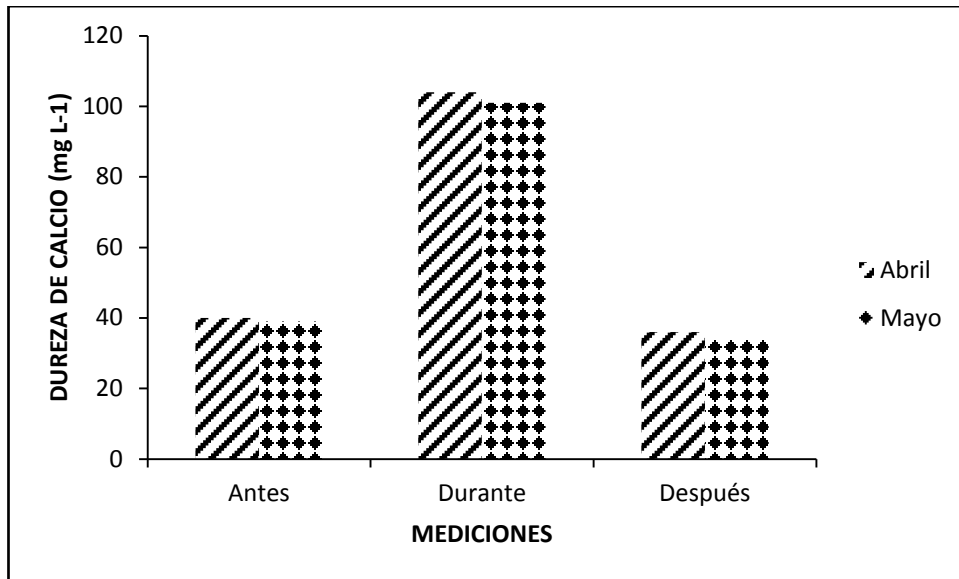


Figura 12. Variación mensual de Dureza de Calcio en tres puntos del Río Toachi

3.3.7 DUREZA DE MAGNESIO

Según Zamora (2009) el magnesio no existe libre en la naturaleza, si la cantidad de magnesio en el agua es muy grande, puede esta actuar como laxante e incluso adquirir un sabor amargo, obtenidos ya los resultados se pudo concluir que el punto 1 en el mes de mayo tiene altas concentraciones de magnesio debido a la actividad propia del matadero no obstante el punto 2 y 3 también demuestran alteraciones concluyendo así que el agua de recurso no puede ser consumida fig. 13. Los criterios de calidad para este parámetro no se encuentran establecidos en la tabla del TULSMA para ninguno de los criterios de calidad del agua.

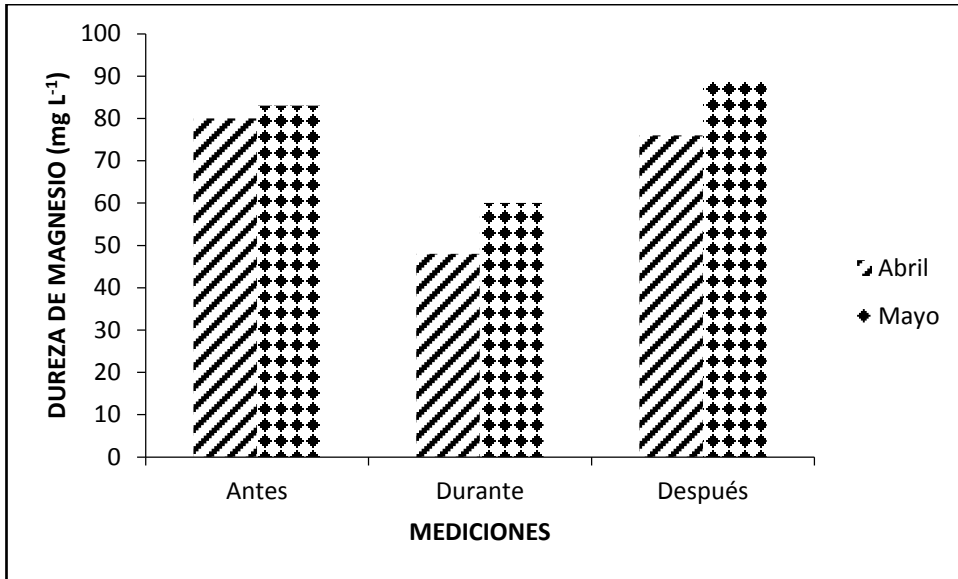


Figura 13. Variación mensual Dureza de Magnesio en tres puntos del Río Toachi

3.3.8 SULFATOS

La figura 14 muestra que en el punto 1 la concentración de sulfatos fue de 22,98 mg L⁻¹, mientras que en el punto 2 mostró un incremento de 52,63 mg L⁻¹ y en el punto 3 valor de 24,95 mg L⁻¹. Con los respectivos análisis realizados se demuestra que la actividad antrópica en el camal municipal del mes de Julio es alta y que existe un incremento en sus parámetros aguas abajo. Según el TULSMA, establece un valor de 500 mg L⁻¹ por ende, este parámetro no sobrepasa los límites máximos permisibles.

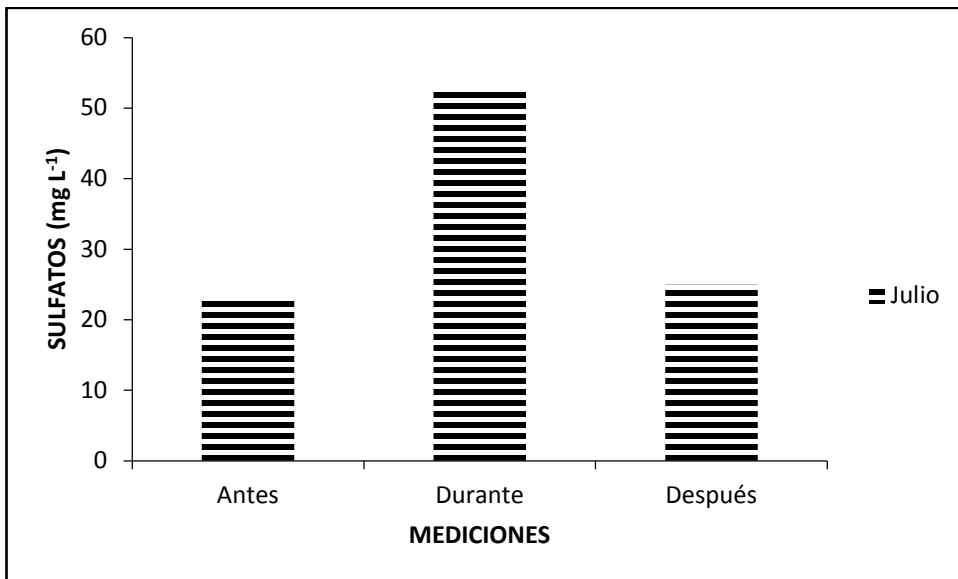


Figura 14. Variación de Sulfatos mes de julio en tres puntos del Río Toachi

3.3.9 FOSFATOS

Se presenta que las concentraciones de fosfatos oscilan entre 3,5 y 11,09 mg L⁻¹. En la figura 15 podemos observar que la muestra del punto 2 tiende a aumentar por motivo de las descargas y vertimientos de residuos orgánicos del matadero. Los criterios de calidad para este parámetro no se encuentran establecidos en la tabla 1 del TULSMA. Según la norma mexicana el valor máximo permisible de los fosfatos es 5 mg L⁻¹ lo que indica que el punto 1 (aguas arriba) si cumple, pero (aguas abajo) no cumplen con los valores establecidos en esta norma ya que sobrepasan el rango establecido.

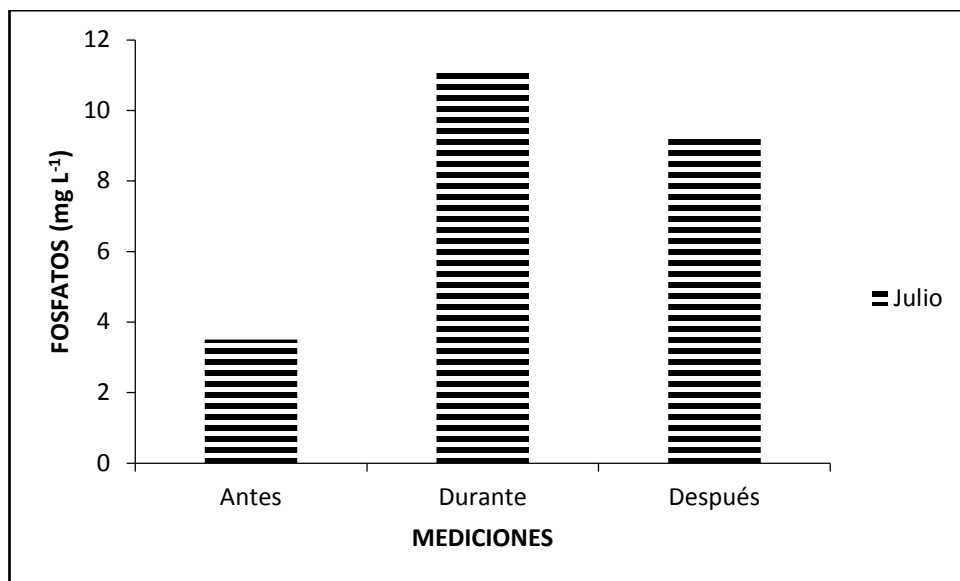


Figura 15. Variación de Fosfatos mes de julio en tres puntos del Río Toachi

3.4 RESULTADOS DE ENCUESTAS DE IMPACTO SOCIOAMBIENTAL

3.4.1 PREGUNTA 1

¿En qué horario del día es más fuerte el olor proveniente del camal municipal?

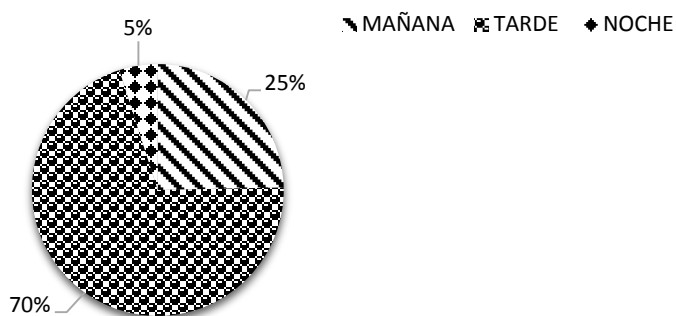


Figura 16. Encuestas pregunta 1

El 70% de las personas afirman que los malos olores presentes en el lugar son más fuertes en horas de la mañana y tarde, esto se debe al aumento de temperatura referente a la luz solar, la cual acelera el proceso de descomposición de la materia orgánica.

3.4.2 PREGUNTA 2

¿Alguno de sus familiares o vecinos que viven en el sector han presentado enfermedades por transmisión de vectores, principalmente relacionados con el sistema digestivo?

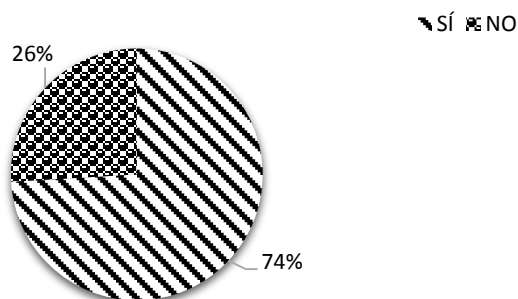


Figura 17. Encuestas pregunta 2

El 74% de las personas encuestadas afirman haber sufrido algún tipo de molestia o enfermedad relacionada con el sistema digestivo. Estas enfermedades se transmiten a través de aguas contaminadas y vectores como las moscas, roedores entre otros.

3.4.3 PREGUNTA 3

¿Conoce Ud. algún familiar o vecino del sector que trabaje en el Camal Municipal?

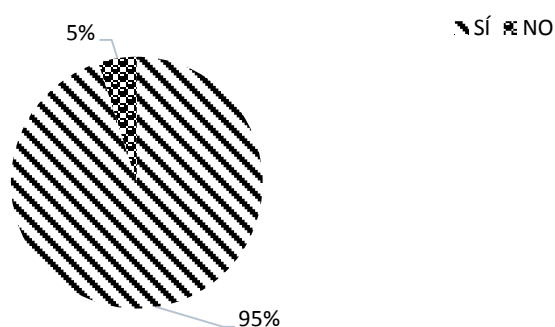


Figura 18. Encuestas pregunta 3

El 95% de los encuestados afirma que la mayoría de la población trabaja en el camal municipal, esto da a entender que dicha empresa está generando recursos económicos a los habitantes del sector.

3.4.4 PREGUNTA 4

¿Considera Ud. que la presencia del camal municipal es la responsable de los malos olores en el barrio?

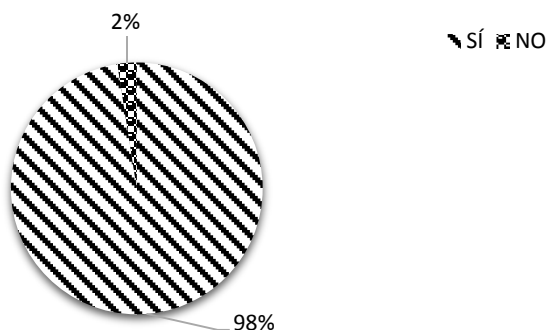


Figura 19. Encuestas pregunta 4

El 98 % de las personas confirman y responsabilizan al camal municipal por los malos olores evidentes en el sector “EL ÉBANO”, demostrando así que no cumple con un Plan de Saneamiento Ambiental adecuado.

3.4.5 PREGUNTA 5

¿Cree Ud. que debe ser reubicado el camal municipal?

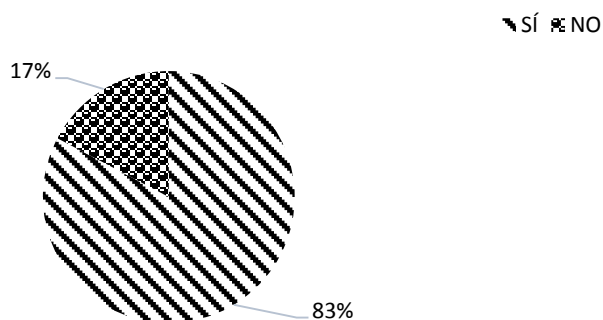


Figura 20. Encuestas pregunta 5

El 83% de los encuestados indican que, si debe ser reubicado el camal municipal, en un sector alejado de la población, cumpliendo con las normas de saneamiento adecuadas para un buen funcionamiento, evitando de esta forma la contaminación.

Tabla 5. Valor promedio de los tres puntos de muestreo del Río Toachi y comparación con el TULSMA

Parámetros	Unidades	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Normativa TULSMA ⁽¹⁾
					Tabla 1 ⁽²⁾
pH	----	6,57	7,37	7,36	6,0-9
Turbidez	NTU	28,95	53,15	32,05	100
Sólidos Totales	mg L ⁻¹	339,5	355	331	no registra
Sólido Disueltos	mg L ⁻¹	261,5	375	282,5	no registra
Alcalinidad	mg L ⁻¹	11,5	24	24,5	no registra
OD	mg L ⁻¹	4,35	1,35	3,9	no registra
DBO ₅	mg L ⁻¹	1,7	0,25	1,2	<2
DQO	mg L ⁻¹	9,03 ^(*)	269,38 ^(*)	18,92 ^(*)	<4
Dureza total	mg L ⁻¹	121	156,5	117,5	no registra
Dureza de Calcio	mg L ⁻¹	39,5	102,5	35	no registra
Dureza de Magnesio	mg L ⁻¹	81,5	54	82,5	no registra
JULIO					
Sulfatos	mg L ⁻¹	22,98	52,63	24,95	500
Fosfatos	mg L ⁻¹	3,5	11,09	9,27	no registra

(1) Texto Unificado de Legislación Secundaria para el Medio Ambiente.

(2) Máximos permisibles para aguas de consumo humano y fines domésticos que únicamente requieran tratamiento convencional.

(*) Parámetros que no cumplen el criterio establecido.

3.5 DIAGNÓSTICO

Una vez realizado la toma de muestras en los 3 puntos establecidos inicialmente, obtenidos los resultados de cada uno de los parámetros a medir, ayudó a determinar la calidad del agua del Río Toachi en el sector “El Ébano” y posterior comparación de dichos resultados con la normativa ambiental ecuatoriana TULSMA (tabla1) se diagnostica lo siguiente:

Punto 1: este punto se estableció antes de que las aguas residuales del Río entren en contacto con las descargas provenientes del camal municipal, y se determinó que el promedio de su pH es de (6.57), cumpliendo con lo establecido en el TULSMA (6.0-9.0) , categorizando este Río con aguas medias (121 mg L^{-1}) debido a que los principales responsables de la dureza son el calcio (39.5 mg L^{-1}) y magnesio (81.5 mg L^{-1}), otro de los parámetros para el análisis de aguas residuales es la DBO_5 , el cual establece la cantidad de oxígeno que necesitan las bacterias (aerobias y anaerobias), durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra, la DQO es la cantidad de oxígeno que se necesita para oxidar materia orgánica por medios químicos y turbidez la cual determina la transparencia del agua dependiendo de las partículas suspendidas que se encuentren en la muestra. Para que estos parámetros sean aceptados por la legislación ambiental ecuatoriana la DBO_5 debe tener valores menores a 2 mg L^{-1} , la DQO valores menores a 4 mg L^{-1} y la turbidez menor a 100 NTU, para este punto los resultados obtenidos en laboratorio fueron DBO_5 (1.7 mg L^{-1}), DQO (9.03 mg L^{-1}) y turbidez (28.95) NTU, existiendo el resultado de estos parámetros los que forman la línea base para conocer el estado de la calidad del agua del Río Toachi. Los valores de Sulfatos son bajos (22.98 mg L^{-1}); en el TULSMA no se registra los límites máximos permisibles para este parámetro. Los análisis de fosfatos (3.5 mg L^{-1}), demuestran que si cumplen con lo establecido en la norma mexicana, el valor máximo permisible es de 5 mg L^{-1} . Los criterios de calidad para este parámetro no se encuentran establecidos en la tabla 1 del TULSMA. La DQO es el parámetro que más afecta a este recurso porque sus valores son altos, incumpliendo la normativa, alterando la vida acuática y poniendo en riesgo la población cercana.

Punto 2: fue establecido como el punto de contacto entre las aguas provenientes del camal municipal y aguas del Río Toachi, el efecto que provoca la combinación de estas aguas conduce a un aumento de 0,8 en su pH promedio dando un total de 7.37 este aumento se debe principalmente a las descargas con residuos orgánicos constantes que provoca cambios en el parámetro de dureza, en este punto tiene un promedio de (156.5 mg L^{-1}) y en conjunto con los principales minerales responsables de la dureza del

agua que son: el calcio (102.5 mg L^{-1}) y magnesio (54 mg L^{-1}). DBO_5 en este punto es de (0.25 mg L^{-1}) por lo cual cumple con lo establecido en el TULSMA hay que tener en cuenta que por la falta de tiempo y distancia (700 m) en el recorrido que realiza el caudal contaminado hasta donde hace contacto el río, las bacterias no logran degradar la suficiente materia orgánica por ende no demandan de mucho oxígeno. La turbidez en este punto es de (53) NTU, cumpliendo con lo establecido en el TULSMA. El valor de DQO es de (269.38 mg L^{-1}) este gran aumento se debe a la contaminación puntual y el exceso de residuos orgánicos en las descargas de agua provenientes del camal municipal que al momento de entrar en contacto con las aguas del Río Toachi desatan una serie de reacciones químicas que elevan la DQO y categorizan el agua de este río con calidad baja. Los sulfatos aumentan con estas descargas obteniendo un valor de (52.63 mg L^{-1}) en este punto, el TULSMA límites máximos para este parámetro de 500 mg L^{-1} . Los fosfatos aumentan con una diferencia de 7.59 mg L^{-1} con el primer punto obteniendo valores de (11.09 mg L^{-1}) concluyendo que sobrepasa la normativa mexicana. Según lo establecido en el TULSMA los valores de DQO obtenidos mediante los análisis, sobrepasan los límites máximos permisibles para que dicha agua pueda ser consumida, esto demuestra un peligro constante hacia el recurso hídrico.

Punto 3: fue establecido como el punto final y está ubicado aguas abajo, sirve como referente del cambio que sufren los parámetros de la calidad del agua después que entran en contacto con el caudal contaminado proveniente del camal municipal. Enviando parámetros aguas abajo con los siguientes resultados: pH (7.36) que según el TULSMA aún es aceptable, una dureza de (117.5 mg L^{-1}) con sus principales minerales responsables: calcio (35 mg L^{-1}) y magnesio (82.5 mg L^{-1}), con una turbidez de (32.5) NTU y una DBO_5 de (1.2 mg L^{-1}) son valores que no exceden los límites permisibles estipulados en el TULSMA una DQO (18.92 mg L^{-1}), el cual es el parámetro que incumple ya que en la normativa establecida su límite máximo permisible para DQO es de valores menores a 4 mg L^{-1} . Los valores obtenidos de sulfatos fueron (24.95 mg L^{-1}), en el TULSMA se establece el límite máximo permisible para este parámetro es de (500 mg L^{-1}).

3.6 PROPUESTA TECNOLÓGICA

“Implementación de un humedal utilizando la fitorremediación mediante el uso de *Chrysopogon zizanioides* (vetiver) para mitigar la contaminación que provoca las descargas de aguas residuales provenientes del camal municipal al Río Toachi en el sector “El Ébano”

Según la EPA (2014), es recomendable usar las técnicas de fitorremediación en aguas donde se presenta alta cantidad de residuos orgánicos ya que se caracterizan por ser una práctica de limpieza pasiva y estéticamente amigable con el medio ambiente, al aprovechar la capacidad de las plantas y la energía solar para captar, almacenar y degradar compuestos orgánicos y transformarlos en subproductos menos tóxicos o no tóxicos.

Tabla 6. Ventajas y desventajas de la fitorremediación

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none">• Es eficiente para tratar diversos tipos de contaminantes <i>in situ</i>• Es de bajo costo, no requiere personal especializado para su manejo ni consumo de energía• No produce contaminantes secundarios y por lo mismo no hay necesidad de lugares para desecho• Tiene una alta probabilidad de ser aceptada por el público, ya que es estéticamente agradable• Evita la excavación y el tráfico pesado• Tiene una versatilidad potencial para tratar una gama diversa de materiales peligrosos• Se pueden reciclar recursos (agua, biomasa, metales)	<ul style="list-style-type: none">• Es un proceso relativamente lento (cuando las especies son de vida larga, como árboles o arbustos)• Es dependiente de las estaciones• El crecimiento de la vegetación puede estar limitado por extremos de la toxicidad ambiental• Los contaminantes acumulados en las hojas pueden ser liberados nuevamente al ambiente durante el otoño (especies perennes)• La solubilidad de algunos contaminantes puede incrementarse, resultando en un mayor daño ambiental o migración de contaminantes• Se requieren áreas relativamente grandes

Fuente: (López y Yunny Meas , 2004)

Los humedales están entre los ecosistemas más importantes de la tierra por sus condiciones hidrológicas, y porque constituyen un enlace entre sistemas terrestres y acuáticos ya que según Varón (2008), los sistemas de tratamiento naturales basados en macrofitas (plantas que crecen en suelos saturados de agua) están en auge por que resultan ser alternativas de bajo costo, fáciles de operar y eficientes en comparación a otros sistemas convencionales para tratar una amplia gama de aguas residuales.

Un humedal artificial (Wetland) es un sistema complejo de medio saturado, diseñado y construido por el hombre, con vegetación sumergida y emergente, que simula un humedal natural para el tratamiento de aguas residuales (González Y. M., 2016).

Los humedales subsuperficiales con flujo horizontal son sistemas con macrofitas emergentes y que forma un filtro biológico lleno de un medio poroso (piedra volcánica, grava) en el cual las plantas macrofitas se siembran en la superficie del lecho filtrante y las aguas residuales pre tratadas atraviesan de forma horizontal el lecho filtrante, en estos sistemas el nivel del agua se mantiene por debajo de la superficie del medio poroso, dentro de las ventajas del humedal subsuperficial de flujo horizontal se tienen: mínima presencia de plagas, ausencia de malos olores en la zona de los lechos, facilidad de operación además dependiendo de las condiciones con las que se construye el humedal se permite adicionar nuevas unidades de macrofitas de acuerdo con las características de las aguas residuales finales (Martínez, 2010).

Uno de los principales procesos que ocurre en el tratamiento de aguas residuales en humedales es la degradación de materia orgánica, los cuáles están encargados los microorganismos que viven en las raíces de las plantas, los productos que van a ser degradados son absorbidos en combinación con el nitrógeno, fósforo y otros minerales.

Tabla 7. Función de las plantas en los sistemas de tratamiento

Parte de la Planta	Función
Raíces o tallos sumergidos	Forman el sustrato para el crecimiento bacteriano y crean un medio para la filtración y adsorción de sólidos y bioabsorción y acumulación de contaminantes
Tallos u hojas emergentes	<ul style="list-style-type: none"> • Reducen la transferencia de gases y calor entre la atmósfera y el agua • Transfieren oxígeno desde las hojas a la raíz • Transfieren y acumulan contaminantes

Fuente: (López y Yunny Meas , 2004)

La eficiencia de remoción de contaminantes durante el proceso de fitorremediación dependerá principalmente de la especie de planta utilizada, el estado de crecimiento de las plantas, su estacionalidad y el tipo contaminante a remover. Por lo mismo, para lograr buenos resultados las plantas a utilizar deben tener las siguientes características:

- Ser tolerantes a altas concentraciones de metales
- Ser acumuladores de contaminantes
- Tener una rápida tasa de crecimiento y alta productividad
- Ser fácilmente cosechables

Tabla 8. Planta a ser utilizada en el tratamiento de aguas residuales provenientes del camal municipal

Nombre común	Nombre científico	Distribución	Temperatura en °C		Rango de pH Efectivo
			Deseable	Germinación de semilla	
Vetiver	<i>Chrysopogon zizanioides</i>	En todo el mundo.	De 10 hasta 33	De 10 hasta 18	De 3.5 hasta 9

Fuente: (Chafloque, 2006)

3.6.1 GENERALIDADES VETIVER (*Chrysopogon Zizanioides*)



Figura 21. *Chrysopogon zizanioides*

El Vetiver tiene sus orígenes en la India, es una gramínea perenne, parecida a la hierba luisa, de tupidos penachos, con inflorescencia. Como no tiene rizoma radicular o haces enraizados, la planta crece en grandes macollos a partir de una masa radicular muy ramificada y esponjosa, puede soportar sequías extremas debido a su alto contenido de sales de la savia de sus hojas, así como inundaciones por largos periodos (se han reportado hasta 45 días de inundación en el terreno). Crece en un rango amplio de suelos y con diferentes niveles de fertilidad y puede resistir hasta temperaturas de -9°C desde el nivel del mar hasta los 2500 msnm (Salud, 2007).

Características fisiológicas Alda (2009), habilidad para rebrotar rápidamente después de haber sido afectado por sequías, heladas, salinidad y otras condiciones adversas al mejorar las condiciones del tiempo o se añadan correctivos al suelo además es muy tolerante a medios de crecimiento altos en acidez, alcalinidad, salinidad y magnesio.

- Tolerancia a un amplio rango de pH desde 3.3 a 12.5 sin enmiendas del suelo.
- Alta eficiencia en absorber nutrientes tales como Nitrógeno y Fósforo y metales pesados en aguas contaminadas

Atributos principales del vetiver en su comportamiento con el agua Pardo (2017):

- Es extremadamente tolerante a sequías, así como a inundaciones y condiciones sumergidas.
- Es nativa de un ambiente higroscópico, como humedales, lagunas y pantanos.

- Tiene excelentes características biológicas para la reducción de las aguas residuales y mitigación de la polución por su capacidad de absorber y tolerar altos niveles de metales pesados.
- La absorción de altos niveles de contaminantes o metales pesados es un proceso de reciclaje que la planta lo almacena y usa para otros propósitos más que un proceso de tratamiento.

La provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas se encuentra ubicada en una zona climática lluviosa subtropical, a una altitud promedio de 655 msnm, con una temperatura media anual de 23°C, se estima que la precipitación promedio anual de la región oscila entre los 500 mm/año a 5.000 mm/año y la humedad media mensual alcanza el 90.9%, todas estas condiciones climatológicas y geográficas juntas beneficiarán a la propagación del pasto vetiver (Baiget, 2012).

3.6.2 DISEÑO DEL HUMEDAL

El diseño presentado de acorde a la figura 24, estipula la implementación de un humedal sub superficial de flujo horizontal para el tratamiento final de las aguas pre tratadas provenientes del Camal Municipal de Santo Domingo de los Tsáchilas mediante la siembra de *Chrysopogon zizanioides*, debido a su capacidad reductora, degradadora y acumuladora reúne las condiciones necesarias para que mitigue la cantidad de contaminación presentes en las descargas diarias de aguas residuales.

El sistema de lechos según Cierro (2014), tiene las siguientes características:

1. Entrada que permite que lleguen al humedal las aguas residuales, además está cubierto por una tubería ranurada y rocas para facilitar la filtración.
2. *Chrysopogon zizanioides*, el lecho de rocas y sedimentos actúan como filtro biológico permite degradar y acumular los diferentes elementos contaminantes.
3. Los rizomas encargados de capturar nutrientes, partículas orgánicas y demás elementos contaminantes los cuales son acumulados y utilizados por la planta para su desarrollo.
4. Membrana permeable que evita la filtración de la contaminación hacia el subsuelo y una pendiente de aproximadamente 1° que servirá para que el agua realice un recorrido y salga del humedal.
5. Salida que desemboca en el Río Toachi, rodeada de tubería ranurada y piedras para mejorar la filtración, con un caudal que disminuya su contaminación en un 90% aproximadamente.

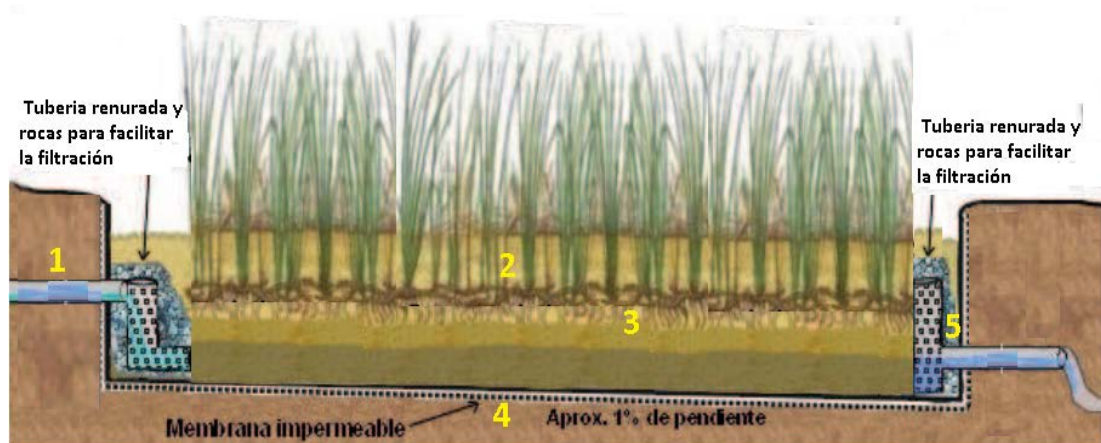


Figura 22. Diseño de humedal con *Chrysopogon zizanioides* para mitigar la contaminación del Río Toachi

3.6.3 DIMENSIONES DEL HUMEDAL

Teniendo en cuenta Consultores (2011), los humedales sub superficiales de flujo horizontal y con alta carga deben tener superficies mínimas de 15 m² estos a su vez tendrán relación con el tiempo de retención de las descargas de agua y que esta su vez dependerá del tipo de contaminante y la efectividad de las plantas en remover dicho contaminante, también es recomendable mantener una relación de aproximadamente 5/1 entre su largo y ancho al momento de la construcción, además se incorpora taludes a cuarenta y cinco grados, una membrana para evitar filtraciones y además el suelo no deberá estar totalmente saturado y es recomendable mantenerlo en nivel del agua hasta los 0.7m, se incorpora en el sistema arena grava y demás sedimentos que puedan actuar como filtros y se debe construir una pendiente para la salida que posea por lo menos un grado de inclinación.

3.7 ANÁLISIS ECONÓMICO

Para mitigar la contaminación del Río Toachi, mediante la implementación de un humedal se tienen los siguientes valores que son un aproximado y tienden a variar, aquí el detalle de los costos proyectados y su inversión total.

Tabla 9. Proyección del costo para la implementación del humedal en el Río Toachi

Descripción	Humedal		
	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Pasto vetiver	500	0,35	175,00
Retroexcavadora	4	80,00	320,00
Tubos pvc	12	3,00	36,00
Arena o grava	1	100,00	100,00
Jornaleros	12	15,00	180,00
Sistema de bombeo para humedal	1	300,00	300,00
Electricista	3	25,00	75,00
Geomembrana m ²	150	6,00	900,00
Materiales adicionales	1	100,00	100,00
Imprevistos	1	500,00	500,00
Total			2686,00

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El análisis fisicoquímico realizado al Río Toachi mostró que no obstante el punto 1 ya se encontraba con altos niveles de DQO, cuando estos entran en contacto con las aguas residuales del camal municipal, se incrementan todos los contaminantes, incumpliendo con la normativa para el DQO, los demás parámetros no sobrepasan los límites máximos permisibles, aunque se pudo evidenciar que las aguas residuales si afectan río abajo, porque los valores excedieron demostrando que estas aguas no son aptas para el consumo humano.

El resultado de las encuestas muestra que el impacto socio ambiental representa altos porcentajes en los indicadores de: vectores, inseguridad, malos olores en este sector debido a la falta de intervención de las entidades públicas competentes.

La propuesta tecnológica elaborada consiste en un humedal aplicando la técnica de fitorremediación con pasto vetiver para la degradación de la materia orgánica y contaminantes procedentes del camal municipal, y además garantiza que la descarga de agua cumpla con los requerimientos que establece el Texto Unificado de Legislación Secundaria para el Medio Ambiente (TULSMA) del Río Toachi.

Es recomendable aplicar el humedal con planta vetiver en este caso de estudio para poder disminuir el grado de las concentraciones de algunos parámetros que se alteran y combatir dichas afectaciones tanto al recurso hídrico como a la población, analizados en las aguas provenientes del camal municipal para que en el momento que sean descargadas no alteren aún más las aguas del río Toachi.

REFERENCIAS

- Alda, M. J. (19 de 04 de 2009). *Contaminación y calidad química del agua*. Recuperado el 19 de 06 de 2018, de El problema de los contaminantes emergentes: https://fnca.eu/phocadownload/P.CIENTIFICO/inf_contaminacion.pdf
- Alicia, F. C. (2012). Química Viva. En F. C. Alicia, *El agua: un recurso esencial* (págs. 147-170). Buenos Aires, Argentina.
- Altamirano, C. L. (19 de 04 de 2016). *Universidad Técnica Particular de Loja*. Recuperado el 03 de 12 de 2017, de Contaminación del Río Cutuchi: <http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/10203/1/Tesis%20Carlos%20Gutierrez%20Al.pdf>
- Alvear, I. M. (13 de 08 de 2015). *Escuela Politécnica Nacional*. Recuperado el 04 de 12 de 2017, de Diagnóstico Ambiental del Camal Municipal de la Ciudad de Santo Domingo y mejora de su gestión : <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2480/1/CD-3184.pdf>
- Amaya, M. F. (16 de 07 de 2015). *Reconocimiento de un ecosistema*. Recuperado el 11 de 04 de 2018, de Universidad Santo Tomás: <http://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/2937/Abellamaria2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Andrade, G. M. (13 de 06 de 2014). *Universidad Técnica de Ambato*. Recuperado el 25 de 04 de 2018, de Transformación de los lodos generados en el Camal Municipal en Compost para uso en el cultivo de Vicia: <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/7877/1/tesis-033%20Maestr%C3%ADa%20en%20Agroecolog%C3%ADa%20y%20Ambiente%20-%20CD%20275.pdf>
- Baiget, J. A. (14 de 05 de 2012). *Propuesta metodológica para el análisis de la sostenibilidad regional*.
- Chacha, S. D. (19 de 07 de 2013). *Universidad Técnica de Cotopaxi*. Recuperado el 25 de 04 de 2018, de Propuesta de diseño de una planta de tratamiento de los efluentes para minimizar la contaminación ambiental del Camal Municipal de Sigchos: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/2726/1/T-UTC-00263.pdf>
- Chafloque, W. A. (19 de 07 de 2006). *Diseño de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales en la UNMSM*. Obtenido de

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera: http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/geologia/vol9_n17/a11.pdf

Cierto, L. O. (12 de 04 de 2014). *Propuesta de estabilización de taludes con pasto Vetiver*. Recuperado el 14 de 05 de 2018, de Universidad Nacional Agraria de la Selva: https://www.unas.edu.pe/web/sites/default/files/web/archivos/actividades_academicas/PRACTICA%20FRAY%20HUAMANI.pdf

COMERCIO, E. (19 de 04 de 2017). *EL COMERCIO*. Recuperado el 25 de 04 de 2018, de Muestras de agua de los ríos del país ponen en alerta sobre la contaminación: <http://www.elcomercio.com/tendencias/muestras-laboratorio-rios-alerta-contaminacion.html>

Consultores, C. A. (04 de 07 de 2011). *Manual de diseño de un humedal artificial*. Recuperado el 13 de 06 de 2018, de file:///C:/Users/Usuario/Downloads/1530.pdf

Curt, M. D. (18 de 06 de 2007). *Métodos Analíticos para aguas residuales*. Recuperado el 10 de 06 de 2018, de <https://www.fundacionglobalnature.org/macrophytes/documentacion/Cap%EDtulos%20Manual/Cap%EDtulos%20Anexos1.pdf>

EPA. (11 de 09 de 2014). *Organismo para la protección del Medio Ambiente (Estados Unidos)*. Recuperado el 11 de 05 de 2018, de Medidas Fitocorrectivas: <https://clu-in.org/download/remed/spanphyt.pdf>

EPMRPGSD. (2015). *Empresa Pública Municipal de Rastro y Plazas de Ganado*. Obtenido de Empresa Pública Municipal de Rastro y Plazas de Ganado de Santo Domingo: <http://epmrpg.santodomingo.gob.ec/>

Esquivel, G. M. (14 de 03 de 2012). *Universidad Técnica de Cotopaxi*. Recuperado el 25 de 04 de 2018, de Elaboración de un plan de manejo ambiental para la conservación de la Sub Cuenca del río San Pablo : http://www.usfx.bo/nueva/vicerrectorado/citas/TECNOLOGI CAS_20/Ingenieria%20de%20Medio%20Ambiente/T-UTC-2129.pdf

Fierro, O. L. (19 de 04 de 2009). *Universidad Tecnológica de Pereira*. Recuperado el 08 de 05 de 2018, de FORMULACION DEL PLAN DE SANEAMIENTO Y MANEJO DE VERTIMIENTOS –PSMV- DEL MUNICIPIO DE NARIÑO: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bits/tream/handle/11059/1487/62816O65.pdf?sequence=1>

- GAD. (11 de 02 de 2015). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial*. Obtenido de GAD PROVINCIAL DE SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS: http://gptsachila.gob.ec/documentos/LOPAIP_2016/pdyot.pdf
- Gómez, G. I. (16 de 07 de 2000). *Manual de análisis de aguas*. Recuperado el 18 de 04 de 2018, de <http://bdigital.unal.edu.co/50540/1/manualdeanalisideaguas.pdf>
- González, E. (12 de 02 de 2017). *Folleto Informativo*. Recuperado el 18 de 04 de 2018, de Oxígeno Disuelto (OD): https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3110sp.pdf
- González, Y. M. (01 de 06 de 2016). *Humedales subsuperficiales horizontales en la depuración de aguas residuales*. Obtenido de Cinética de remoción de DQO: <https://www.raco.cat/index.php/afinidad/article/viewFile/308437/398452>
- Hernández, A. M. (19 de 04 de 2010). *PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA*. Recuperado el 07 de 05 de 2018, de ANÁLISIS DE LA GESTIÓN AMBIENTAL: <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/politica/tesis459.pdf>
- Humboldt, A. V. (18 de 09 de 2015). *Instituto de Investigación de Recursos Biológicos*. Recuperado el 16 de 04 de 2018, de Georreferenciación: <http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/9610/1224%20Protocolo.pdf?sequence=6&isAllowed=y>
- INEC. (25 de 11 de 2010). *Instituto Nacional de Estadística y Censo*. Recuperado el 26 de 04 de 2018, de http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Fasciculos_Censales/Fasc_Cantonales/Pichincha/Fasciculo_Santo_Domingo.pdf
- Jaramillo, L. (19 de 03 de 2016). *Universidad de Guayaquil*. Recuperado el 07 de 05 de 2018, de Impactos ambientales que generan los camales municipales: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/11949/1/TESIS%20I-A-CAMAL-ARENILLAS-HUAQUILLAS-%20MILTON%20CUN.pdf>
- LA HORA. (17 de 10 de 2012). Recuperado el 26 de 04 de 2018, de Río Toachi sufre por contaminación: <https://lahora.com.ec/noticia/1101408748/rc3ado-toachi-e28098sufree28099-por-contaminacic3b3n->

- LA HORA. (20 de 07 de 2013). Recuperado el 14 de 03 de 2013, de Preocupación ambiental en el Río Toachi: <https://lahora.com.ec/noticia/1101537768/preocupacin-ambiental-en-el-ro-toachi->
- LA HORA. (13 de 04 de 2014). Recuperado el 20 de 11 de 2017, de Ambiente: Camal contamina: <https://lahora.com.ec/noticia/1101337081/ambiente-camal-contamina>
- López, J. (06 de 06 de 2007). *Contenido de Magnesio y Calcio en aguas del área costera en España*. Recuperado el 13 de 05 de 2018, de Departamento de Nutrición y Bromatología: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.409.3035&rep=rep1&type=pdf>
- López, R. A., & Yunny Meas , V. (17 de 07 de 2004). *Fitorremediación*. Recuperado el 13 de 05 de 2018, de Fundamentos y aplicaciones: https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/55_3/Fitorremediacion.pdf
- MAE. (06 de 02 de 2012). Recuperado el 26 de 04 de 2018, de http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/07/06-02-2012_4.docx_.pdf
- MAE. (11 de 05 de 2013). *Ministerio del Ambiente*. Recuperado el 26 de 04 de 2018, de Plan Integral Ambiental Nacional : <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/07/PIAN-II.pdf>
- Martínez, S. A. (10 de 10 de 2010). *Fitorremediación con humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales porcinas*. Obtenido de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Dialnet-FitorremediacionConHumedalesArtificialesParaElTrat-3638734.pdf>
- Mayorga, J. (12 de 03 de 2016). *Análisis de Aguas*. Recuperado el 16 de 08 de 2018, de http://www4.ujaen.es/~mjayora/docencia_archivos/Quimica%20analitica%20ambiental/tema%2010.pdf
- Pardo, N. Y. (15 de 07 de 2017). *Uso del Vetiver como alternativa Natural para disminuir la carga contaminante*. Recuperado el 17 de 06 de 2018, de <https://stadium.unad.edu.co/preview/UNAD.php?url=/bits/tream/10596/13534/1/17417695.pdf>
- Peralta, H. A. (11 de 04 de 2016). *Gobierno Regional Lambayeque*. Recuperado el 03 de 12 de 2017, de Camal Municipal de

Lambayeque: file:///C:/Users/usuario/Downloads/pama-_camal_lambayeque.pdf

Rivas, W. A. (2013). Calidad Físicoquímico del Agua. En W. A. Rivas, *Calidad Físicoquímico del Agua* (pág. 297). Colombia.

Salud, O. M. (18 de 12 de 2007). *Manual sobre el uso y manejo del Pasto Vetiver*. Obtenido de http://www.vetiver.org/TVN_manualvetiver_spanish-o.pdf

Toaquiza, C. (15 de 05 de 2004). *Determinación de materia orgánica en aguas*. Recuperado el 16 de 06 de 2018, de Demanda Química de Oxígeno: https://www.upo.es/depa/webdex/quimfis/docencia/TAQ/curso0405/TAQP4_0405.pdf

TULSMA. (04 de 05 de 2015). *Ministerio del Ambiente*. Recuperado el 20 de 06 de 2018, de Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria: <http://suia.ambiente.gob.ec/documents/10179/185880/ACUERDO+061+REFORMA+LIBRO+VI+TULSMA+-+R.O.316+04+DE+MAYO+2015.pdf/3c02e9cb-0074-4fb0-afbe-0626370fa108>

Varón, M. P. (19 de 05 de 2008). *Humedales de flujo subsuperficial*. Recuperado el 13 de 06 de 2018, de Alternativa natural para el tratamiento de aguas residuales: <http://revistas.udenar.edu.co/index.php/reipa/article/viewFile/1610/1965>

Water. (13 de 05 de 2016). *Informe de las Naciones Unidas Sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo 2016*. Recuperado el 07 de 05 de 2018, de Agua y Empleo: <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002441/244103s.pdf>

Zamora, J. R. (26 de 10 de 2009). Parámetros físicoquímicos de dureza total en Calcio y Magnesio. *Revista Pensamiento actual, Universidad de Costa Rica*, 10. Obtenido de <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/pensamiento-actual/article/viewFile/2842/2764>