



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL**

**Sede Santo Domingo**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**

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

Informe de propuesta tecnológica para obtener el título de:

**INGENIERO AMBIENTAL Y MANEJO DE RIESGOS NATURALES**

**PROPUESTA DE ALTERNATIVAS PARA LA MITIGACIÓN Y  
REMEDIACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL DEL RÍO POVE  
EN LA CIUDAD DE SANTO DOMINGO DE LOS COLORADOS**

**Autor**

**JIPSON ALFREDO LOAIZA ROSERO**

**Directora**

**ING. JUDIT GARCÍA GONZÁLEZ, *MSc***

**Santo Domingo de los Tsáchilas – Ecuador**

**Febrero – 2017**

PROPUESTA DE ALTERNATIVAS PARA LA MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN  
DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL DEL RÍO POVE EN LA CIUDAD DE  
SANTO DOMINGO DE LOS COLORADOS

Ing. Judit García González, *MSc*

**DIRECTORA**

---

Ing. Miriam Recalde, *MSc*

**PRESIDENTA DEL TRIBUNAL**

---

Ing. Silvia Dávila Díaz, *MSc*

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

---

Ing. María Lorena Cadme, *MSc*

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

---

Santo Domingo \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2017

**Autor: JIPSON ALFREDO LOAIZA ROSERO**

**Institución: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL**

**Título: PROPUESTA DE ALTERNATIVAS PARA LA MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL DEL RÍO POVE EN LA CIUDAD DE SANTO DOMINGO DE LOS COLORADOS**

**Fecha: FEBRERO, 2017**

El contenido del presente trabajo está bajo la responsabilidad del autor y no ha sido plagiado.



---

Jipson Alfredo Loaiza Rosero

C.I. 1719339812

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL**  
**Sede Santo Domingo**

Santo Domingo, 8 de febrero de 2017

Ing. Miriam Recalde, *MsC*

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

Presente.

De mis consideraciones.-

Mediante la presente tengo a bien informar que el trabajo técnico realizado por el estudiante **JIPSON ALFREDO LOAIZA ROSERO**, cuyo título es “**PROPUESTA DE ALTERNATIVAS PARA LA MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL DEL RÍO POVE EN LA CIUDAD DE SANTO DOMINGO DE LOS COLORADOS**”; ha sido elaborado bajo mi supervisión y revisado en todas sus partes, el mismo que no ha sido plagiado, por lo cual autorizo su respectiva presentación.

Particular que informo para fines pertinentes.

Atentamente,



---

Ing. Judit García González, *MsC*

**DIRECTORA**

# *Dedicatoria*

*En primer lugar a Dios, por ofrecerme la oportunidad de lograr este triunfo académico y favorecer al desarrollo personal para ser cada día mejor.*

*A mis padres por ser los guías en mi vida, porque han logrado dirigirme por el mejor camino, que me permitirá compartir y servir a las demás personas con los conocimientos recibidos en tan majestuosa institución.*

*A lo largo del desarrollo de este proyecto, he tenido la oportunidad de conocer personas de todo ámbito social dispuestas a compartir sus conocimientos y experiencia fundamentalmente en el apartado ambiental. Lo cual ha contribuido de manera considerable para la culminación de este trabajo de investigación.*

*Especialmente dedico este trabajo a Elisabet González Carrera por su apoyo incondicional en todas las etapas de este proceso académico.*

# *Agradecimiento*

*Agradezco a mis padres por su apoyo incondicional.*

*A mi hermana Erika por el apoyo moral en cada momento de mi etapa estudiantil.*

*A la Ing. Judit García por su apoyo incondicional en mi etapa estudiantil y al momento de realizar este trabajo de titulación.*

*A mis calificadoras que fueron parte esencial en la culminación de este proyecto.*

*Al municipio de Santo Domingo por facilitarme la información necesaria, la cual fue importante para la realización de este trabajo.*

*A todos los docentes que han compartido su tiempo y conocimiento que sirvieron como base para el cumplimiento de mis objetivos.*

*A todos mis compañeros y amigos por todos los momentos que compartimos*

## FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

### PROYECTO DE TITULACIÓN

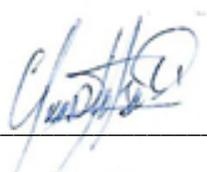
DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1719339812
APELLIDOS Y NOMBRES:	Loaiza Rosero Jipson Alfredo
DIRECCIÓN:	Lotización Alvarado, El Carmen, Manabí
EMAIL:	jipsonloaiza@hotmail.com
TELÉFONO FIJO:	0988806849
TELÉFONO MOVIL:	0980790927
DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Propuesta de alternativas para la mitigación y remediación de la contaminación ambiental del río Pove en la ciudad de Santo Domingo de los Colorados.
AUTOR O AUTORES:	Jipson Alfredo Loaiza Rosero
FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO TÉCNICO:	10 de febrero del 2017
DIRECTOR DEL PROYECTO TÉCNICO:	Ing. Judit García González, <i>MSc</i>
PROGRAMA	PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO <input type="checkbox"/>
TÍTULO POR EL QUE	Ingeniero Ambiental y Manejo de Riesgos Naturales

<b>OPTA:</b>	
<b>RESUMEN:</b>	<p>Actualmente, el río Pove se ha convertido en un problema de salud pública para la población de Santo Domingo debido a que presenta condiciones ambientales y sanitarias contrarias a lo normalmente aceptado, condiciones que han sido resultado de la intensa actividad antrópica que se desarrolla en este ecosistema, siendo la alteración de la calidad de las aguas su principal problema.</p> <p>El presente trabajo se realizó en el cantón Santo Domingo a finales del año 2016, con el objetivo de proponer alternativas de mitigación de la contaminación para el Rio Pove; partiendo de una primera fase en la cual se realizó un breve diagnóstico de la calidad de las aguas, información que se aprovechó como base para el desarrollo de las diferentes propuestas enfocadas en lograr una mitigación de los niveles de contaminación del agua.</p> <p>Como resultado se obtuvieron propuestas en principio viables para su pronta ejecución, sin embargo estas dependerán de la gestión que se le brinde por parte de la autoridad o institución competente que se encuentre a cargo del mantenimiento de dicho proyecto. Las propuestas elegidas según la situación que presenta el escenario en el que se desarrolló este trabajo de investigación fueron: Un proyecto de educación ambiental, la fitorremediación por medio del uso del pasto vetiver y por último la creación de un parque lineal.</p>

	<p>Este estudio es de gran importancia debido a la falta de acciones encaminadas a la remediación de las riberas del Pove por parte de la entidad ambiental competente, y que de este modo sea un incentivo para lograr a futuro proyectos encaminados respecto al objetivo de este trabajo en beneficio de la ciudad de Santo Domingo.</p>
<b>PALABRAS CLAVES:</b>	<p>Río Pove, contaminación ambiental, mitigación, medio ambiente.</p>
<b>ABSTRACT:</b>	<p>Nowadays, the Pove River has become a public health problem for the population of Santo Domingo because it presents environmental and sanitary conditions contrary to what is normally accepted, conditions that have been the result of the intense anthropic activity that takes place in this ecosystem, Being the alteration of the water quality its main problem.</p> <p>The present work was carried out in the canton of Santo Domingo at the end of 2016, with the aim of proposing pollution mitigation alternatives for the Pove River; Starting from a first phase in which a brief diagnosis of the water quality was made, information that was used as basis for the development of the different proposals focused on achieving a mitigation of water pollution levels.</p> <p>As a result, feasible proposals were obtained for its early execution, however these will depend on the management that is provided by the competent</p>

	<p>authority or institution that is in charge of the maintenance of this project. The proposals chosen according to the situation that presents the scenario in which this research was carried out were: A project of environmental education, phytoremediation through the use of vetiver grass and finally the creation of a linear park.</p> <p>This study is of great importance due to the lack of actions directed to the remediation of Pove riverside by the competent environmental entity, and thus an incentive to achieve future projects aimed at the objective of this work in Benefit of the city of Santo Domingo.</p>
<b>KEYWORDS:</b>	Pove river, Environmental pollution, mitigation, environment.

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

f: 

LOAIZA ROSERO JIPSON ALFREDO

C.I. 1719339812

## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **LOAIZA ROSERO JIPSON ALFREDO**, CI. 1719339812 autor del proyecto titulado: **PROPUESTA DE ALTERNATIVAS PARA LA MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL DEL RÍO POVE EN LA CIUDAD DE SANTO DOMINGO DE LOS COLORADOS** previo a la obtención del título de **INGENIERO 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, 10 de febrero del 2017

f: \_\_\_\_\_



**LOAIZA ROSERO JIPSON ALFREDO**

C.I.1719339812

## ÍNDICE DE CONTENIDO

Contenido	Pág.
Portada .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Sustentación y aprobación de los integrantes del tribunal .....	II
Responsabilidad del autor .....	III
Aprobación del director .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Dedicatoria.....	V
Agradecimiento.....	VI
Formulario de registro bibliográfico .....	VII
Declaración y autorización .....	XI
Índice de tablas .....	XIV
Índice de figuras.....	XV
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>II. CONTENIDO TÉCNICO .....</b>	<b>3</b>
2.1. Localización .....	3
2.1.1. Clima.....	3
2.1.2. Suelo.....	3
2.1.3. Zonas de vida .....	4
2.1.4. Información social.....	4
2.1.5. Situación actual .....	5
2.2. EDUCACIÓN AMBIENTAL.....	9
2.2.1. La educación ambiental en el Ecuador .....	9
2.2.2. Planteamiento de la educación ambiental como propuesta para la recuperación del río Pove en la ciudad de Santo Domingo, Ecuador .....	10
2.2.3. Herramientas para la inclusión social en la educación ambiental.....	10
2.2.4. Análisis económico .....	13
2.3. FITORREMEDIACIÓN CON PASTO VETIVER .....	15
2.3.1. Fitorremediación .....	15

2.3.2. Técnicas de fitorremediación .....	16
2.3.3. Pasto Vetiver (Chrysopogon zizanioides).....	17
2.3.4. El uso del pasto vetiver en aguas contaminadas .....	17
2.3.5. Características del pasto vetiver.....	18
2.3.6. Planteamiento de la fitorremediación con pasto Vetiver como propuesta para la prevención de la erosión de las riberas del río Pove en la ciudad de Santo Domingo, Ecuador .....	19
2.3.7. Metodología para la siembra del Pasto Vetiver .....	20
2.3.8. Viabilidad económica y sostenibilidad .....	22
2.3.9. Análisis económico .....	22
2.4. PARQUE LINEAL RIO POVE.....	24
2.4.1. Espacios públicos.....	25
2.4.2. Espacios verdes urbanos .....	25
2.4.3. Funcionalidad ecológica .....	26
2.4.4. Planteamiento un parque lineal como propuesta para la prevención de la erosión de las riberas del río Pove en la ciudad de Santo Domingo, Ecuador .....	28
2.4.5. Análisis económico .....	30
<b>III. CONCLUSIONES .....</b>	<b>32</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>33</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Zonas de vida del cantón Santo Domingo .....	4
Tabla 2 Coordenadas de los puntos de muestreo .....	5
Tabla 3 Resultados obtenidos del análisis de calidad del agua del río Pove .....	7
Tabla 4 Problemáticas a tratar en los Proyectos de Educación Ambiental.....	10
Tabla 5 Presupuesto del proyecto de educación ambiental en la comunidad adyacente a la microcuenca del río Pove.....	13
Tabla 6 Costo de la planta vetiver .....	22
Tabla 7 Costo total de las plantas usadas en el proyecto .....	23
Tabla 8 Presupuesto del diseño del parque lineal .....	30
Tabla 9 Presupuesto de ejecución del parque lineal .....	30
Tabla 10 Presupuesto de socialización y costo final del proyecto.....	31

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación geográfica del Cantón Santo Domingo .....	3
Figura 2 Ubicación de los puntos de muestreo en la zona de estudio: P1 en el sector de las piscinas turiscol; P2 en Hotel Santo Domingo; P3 en Calle Abraham Calazacón y Luís Cordero; P4 en Ciudadela del Chofer .....	6
Figura 3 Uso del pasto vetiver en aguas contaminadas .....	18
Figura 4 Siembra del pasto vetiver en las riberas del río.....	20
Figura 5 Ubicación del proyecto Parque lineal río Pove .....	29
Figura 6 Descripción del área del proyecto Parque lineal río Pove.....	29

## I. INTRODUCCIÓN

En la última década la sensibilización pública y la preocupación por las amenazas a los recursos hídricos y los ecosistemas circundantes se han incrementado considerablemente, sin embargo, en el apartado político apenas han existido limitados cambios (GreenFacts, 2006).

La mayoría de las decisiones sobre la gestión de los recursos hídricos surgen aún de criterios basados en necesidades económicas y razonamientos políticos, sin considerar la afectación medioambiental que este tipo de decisiones puedan ocasionar a una ciudad, una región, un país o incluso varios países (Peinado-Vara, 2011).

Uno de los principales factores que afectan directamente en la contaminación ambiental de un río es el crecimiento demográfico; el cual actualmente es un problema a nivel mundial evidenciándose en los resultados que se presentan anualmente. En el caso de América Latina, el incremento de la población en la región llegaría a casi 719.9 millones de habitantes en el año 2030 (Naciones Unidas, 2008).

A pesar de las numerosas ocasiones en las que se hace eco de este tipo de problemática por parte de expertos en la materia, se está muy lejos de conseguir resultados positivos en la gestión de los recursos hídricos, basados en el conocimiento científico y la aplicación de las buenas prácticas ambientales.

Es de conocimiento público que la falta de la aplicación de políticas gubernamentales ambientales en el Ecuador y principalmente de normativa interna en las provincias, es una de las principales causas para que los cuerpos hídricos continúen siendo contaminados por diversas actividades que se desarrollan alrededor de éstas, sin mayores controles ni conciencia ambiental (Ecología, 2007).

Lamentablemente, las poblaciones de este país aún no le han dado el respectivo valor, en términos medioambientales, a los ríos que atraviesan las ciudades, ni los han integrado de manera compatible con sus dinámicas; sino que prácticamente se han relegado en un segundo plano.

Por lo general, los ríos urbanos tienden a contaminarse y a consecuencia de esto causar enfermedades clasificadas como infectocontagiosas o transmisibles. Entre las enfermedades infectocontagiosas que pueden ser transmitidas por aguas contaminadas están las bacterianas, con un grupo amplio de entidades patológicas que van desde el cólera, hasta estafilococos que pueden producir lesiones dermatológicas (Chaple, 2009).

El Cantón Santo Domingo, presenta un alto índice de crecimiento poblacional, superior a los de Quito y Guayaquil. Por su localización estratégica, y por su cercanía a los centros de consumo nacional, se convierte en una región de enlace entre las grandes ciudades y los centros poblados de varias zonas del Ecuador. Ambientalmente, posee una diversidad de subcuencas y microcuencas fundamentales para la dotación de agua en la región, las cuales durante varios años lamentablemente han sido lugar de descarga de aguas residuales y residuos contaminantes, entre ellas se encuentra el río Pove (Domingo, 2011).

El río Pove es un ejemplo actual de esta problemática. Las condiciones ambientales y sanitarias que presenta el río Pove a lo largo de su paso por la ciudad de Santo Domingo (el cual se ha convertido en un problema de salud pública para la población aledaña), han sido resultado de la intensa actividad antrópica que se desarrolla en este ecosistema, siendo la alteración de la calidad de las aguas uno de los principales problemas que enfrenta dicha cuenca hidrográfica, como ya lo evidenció en su momento un muestreo realizado por el Ministerio del Ambiente en diferentes puntos del río (MAE, 2012).

Dentro de este contexto, el objetivo general del presente trabajo de titulación es proponer alternativas de mitigación de la contaminación del Río Pove el cuál se desarrollará en diferentes fases. Para el logro de este se plantearon los siguientes objetivos específicos: -Realizar un diagnóstico del grado de contaminación de las aguas del Río Pove que incluye la inspección visual así como análisis físicos, químicos y biológicos en diferentes puntos de la microcuenca del río, -Desarrollar diferentes propuestas que se presentaran como acciones a tomar para lograr una mitigación de los niveles de contaminación del agua, y -Exponer la posible aplicación y complementariedad de cada una de las alternativas elaboradas.

## II. CONTENIDO TÉCNICO

### Localización

La ciudad de Santo Domingo se encuentra ubicada en la región costa a unos 133 Km de la capital del país, en las coordenadas: Longitud 79° 10' 19" oeste y Latitud 0° 15' 15" sur. Tiene una superficie total de 60 Km<sup>2</sup>, la cual representa el 1,7% del total de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas (Pichincha, 2007).

La topografía de esta ciudad indica que está emplazada sobre una meseta relativamente plana con una cierta inclinación hacia el río Toachi que se encuentra hacia la cara Este de la ciudad. Su altura promedio es de 635 msnm.

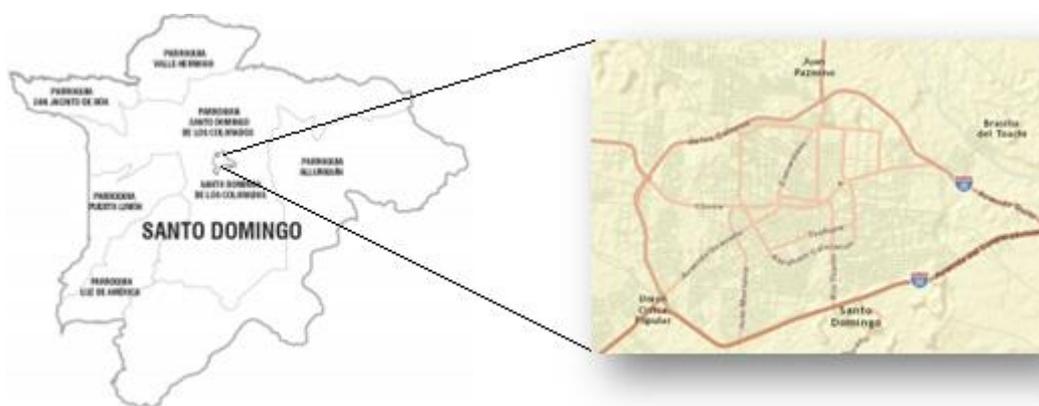


Figura 1 Ubicación geográfica del Cantón Santo Domingo

### Clima

En la ciudad predomina el clima tropical lluvioso, ya que habitualmente se caracteriza por presentar temperaturas bajas en verano, mientras que en temporada invernal presenta temperaturas altas que presentan variaciones a lo largo de todo el año, con una media anual de 22,9° centígrados; y con gran presencia de precipitaciones que rondan la media de 3.150 mm, con un promedio anual de lluvias de 287 días (Pichincha, 2007).

### Suelo

Como la mayoría de casos, los suelos presentes en la zona son de origen volcánico, aunque varían por sus características físico-químicas, textura, porosidad, y ubicación geográfica. En algunas zonas se caracterizan por ser suelos francos con intercalaciones

de lapilli y cenizas poco meteorizadas, con bastante presencia de material pedregoso y ambiente muy húmedo. Mientras que en otras zonas presentan características de textura franca a limosa, con una profundidad que va desde los 80 a 150 cm (Pichincha, 2007).

### Zonas de vida

En la ciudad de Santo Domingo, se han determinado cuatro zonas de vida o formaciones vegetales que se muestran en la tabla 1.

Tabla 1 Zonas de vida del cantón Santo Domingo

Zonas de vida	Altitud	Temperatura	Precipitación anual
Bosque húmedo Tropical (b.h.T)	600 m.s.n.m	18 a 25° C	2.000 ± 4.000 mm
Bosque muy húmedo Pre Montano (b.m.h.PM)	300 ± 2.000 m.s.n.m	18 a 24° C	1.000 ± 2.000 mm
Bosque muy húmedo Montano Bajo (b.m.h.MB)	2.000 ± 3.000 m.s.n.m	12 a 18° C	2.000 ± 4.000 mm
Bosque pluvial Montano (b.p.M)	2.800 m.s.n.m	7 a 12° C	2.000 mm

### Información social

Al igual que muchas ciudades en el Ecuador, esta mediana Ciudad de 437.759 habitantes es una de las más jóvenes del país debido a que el principio de su expansión lo encontramos en la década de los 50 (INEC, 2010). Ha estado caracterizada por procesos de desplazamiento de habitantes de distintas partes del país y a su vez de invasión de manera no planificada en espacios que generalmente no cuentan con las condiciones idóneas que les permitan a los ciudadanos tener una buena calidad de vida. Siendo el Río Pove uno de los principales ecosistemas afectados por estos fenómenos sociales.

La longitud del río Pove a lo largo de la ciudad de Santo Domingo es de aproximadamente 12 Km, atravesando casi en su totalidad la zona urbana. La importancia de la cuenca radica en que es una de las principales de la ciudad, asimismo otro factor de gran relevancia es la concentración de familias viviendo a las orillas del río Pove, poniendo

en riesgo su salud debido a la carga contaminante de estas aguas. Por lo que se hace necesario asegurar que la calidad de las aguas del río se encuentre dentro de los parámetros permisibles.

### Situación actual

Para la realización de las propuestas se plantea como punto de partida la realización de un diagnóstico inicial a través de todo el cauce del río, para determinar el grado de contaminación del agua. Para lo cual se establecieron varios tramos para la determinación de los puntos de muestreo, dichos puntos que fueron geo-referenciados con la ayuda de mapas cartográficos de la zona y de un sistema de posicionamiento global (GPS) (Tabla 2).

Tabla 2 Coordenadas de los puntos de muestreo

<b>Coordenadas de los puntos de muestreo</b>			
<b>Código</b>	<b>Coordenadas</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Características</b>
P1	Latitud: - 0.258114° Longitud: - 79.130106°	Av. Quito, entrada junto al complejo turístico Turiscol	Zona rural, presencia de desechos sólidos, vertido de aguas posiblemente de carácter residual, alta pre- sencia de vegetación.
P2	Latitud: - 0.255141° Longitud: - 79.164548°	Av. Río Toachi 680, entrada por el garaje de Grand Hotel Santo Domingo	Zona Urbana, leve pre- sencia de desechos sólidos, baja presencia de vegetación. (Antes de la zona céntrica de mayor influencia)
P3	Latitud: - 79.164548° Longitud: - 79.179723°	Av. Abraham Calaza- ción y Dr. Luis Cordero, Coopera- tiva las Palmeras	Zona urbana marginal, presencia de desechos, vertido de aguas residua- les, no existe vegetación.
P4	Latitud: - 0.294184° Longitud: - 79.209998°	Vía Quevedo km 5 ½, entrada por Ciu- dadela del Chofer.	Zona rural, presencia de desechos, alta presencia de vegetación

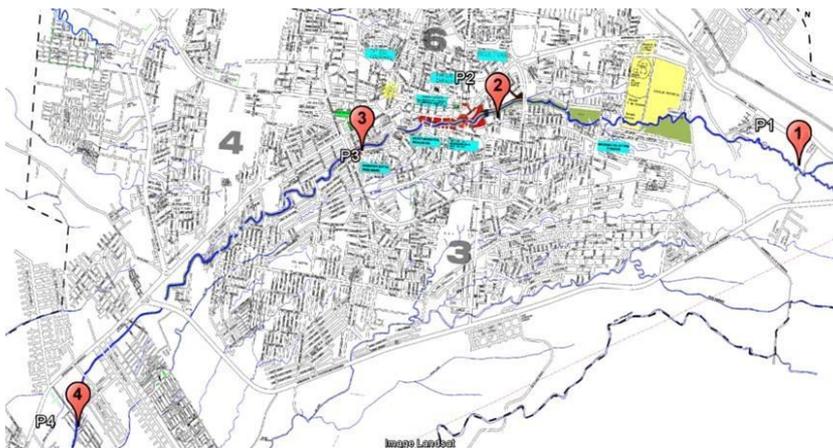


Figura 2 Ubicación de los puntos de muestreo en la zona de estudio: P1 en el sector de las piscinas turiscol; P2 en Hotel Santo Domingo; P3 en Calle Abraham Calaza-cón y Luís Cordero; P4 en Ciudadela del Chofer

Todo este procedimiento se realizó bajo la metodología propuesta por Raudel Ramos Olmos, Rubén Sepúlveda Marqués y Francisco Villalobos Moreto, en su libro **El agua en el medio ambiente, muestreo y análisis**, en el que se expone la forma correcta de recolección de muestras, almacenamiento y el transporte previo a los análisis físico – Químicos y bacteriológicos. (Ramos Olmos, Sepúlveda Marqués, & Villalobos Moreto, 2002).

Todas las muestras de agua fueron analizadas en los laboratorios de la Universidad Tecnológica Equinoccial (UTE), para determinar parámetros físico – químicos y biológicos del agua, los cuales fueron: Turbidez, Conductividad, Solidos Disueltos Totales, Coliformes Fecales, Oxígeno Disuelto, Demanda Química de Oxígeno (DQO), Hierro, Zinc, Potasio, Calcio, Magnesio, Manganeso, pH, cuyos resultados aparecen en la tabla 3.

Se comparó los parámetros analizados con los establecidos en la normativa ecuatoriana “Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua (libro VI anexo 1)”. Los parámetros que no se encuentran establecidos en la normativa ecuatoriana fueron comparados con normativas extranjeras: Parameters of wáter quality, Interpretation and standars, Environmental Protection Agency (USA) “EPA” y Real decreto 849/1986, 11 de abril (España), que sirvan como referencia.

Tabla 3 Resultados obtenidos del análisis de calidad del agua del río Pove

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad</b>	<b>Punto 1</b>	<b>Punto 2</b>	<b>Punto 3</b>	<b>Punto 4</b>	<b>Normativa</b>
Ca	ppm	1,39	1,441	0,893	1,208	
Conductividad	μS	82	86,6	95,7	93,4	1000
Coliformes fecales	nmp/100 ml	71	316	256	124	200
DQO	mgL-1	0,012	12,83	12,83	16,17	20
Fe	ppm	0,245	0,134	0,212	0,182	0,3
K	ppm	0,069	0,041	0,041	0,035	
Mg	ppm	0,0733	0,0684	0,0737	0,0968	1
Mn	ppm	0,05	0,022	0,018	0,004	0,1
Oxígeno disuelto	mgL-1	3,5	4,2	3,7	4,47	No menor al 60% y no menor a 5 mg/l
pH		6	6,58	6,2	6,75	6, 5-9
Sólidos totales	mgL-1	180	160	220	280	1600
Turbidez	UTN	3,84	34,2	37,6	60,4	
Zn	ppm	0,193	0,024	0,045	0,031	0,18

Teniendo en cuenta los valores obtenidos del análisis del agua, se logró determinar que en algunos parámetros analizados, la contaminación tiende a variar de forma notable entre los puntos de muestreos, mientras que en otros el valor de contaminación se mantiene en el rango permitido. Debido a que en la normativa ecuatoriana no se encuentra establecido un límite máximo permisible para los parámetros de Conductividad y Magnesio, estos fueron comparados con normativas extranjeras.

Un dato importante a tener en cuenta es la alta presencia de bacterias coliformes fecales en los puntos 2 y 3 superando los valores máximos permitidos, mientras que en el punto inicial y final se mantienen dentro de los parámetros que especifica la normativa ecuatoriana.

Estos resultados son un soporte para la determinación de alternativas aplicables que contribuyan a la solución de la problemática ambiental por el deterioro de la calidad del agua de la microcuenca del río Pove.

Las herramientas y tecnologías de restauración utilizadas en los proyectos son numerosas. Muchas de ellas han sido ya usadas en nuestro país, mientras que de otras solo se tienen referencias por su aplicación en otros países. Las posibles propuestas de remediación de la contaminación se fundamentan en:

- Proyecto de educación ambiental: La educación ambiental es un proceso que involucra un aprendizaje a lo largo de la vida, por medio del cual se llegan a comprender muchos aspectos complejos del mundo natural y temas ambientales, utilizando varias estrategias que permitirán tomar decisiones con base en varias disciplinas, generando una variación en las actitudes y acciones para realizar un cambio en el entorno que nos rodea. (Espinosa, 2010)
- Fitorremediación con pasto Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*): La efectividad del vetiver es conocida a nivel mundial, ya que en poco tiempo se obtienen resultados positivos. Una vez colocadas las plantas, en pocas semanas éstas son capaces de extraer del agua y suelo, una serie de contaminantes como metales pesados, pesticidas e hidrocarburos, para luego acumularlos en sus raíces funcionando como un filtro (Pacífico, 2013).
- Parques lineales: Las áreas verdes urbanas son reconocidas por los diversos servicios ambientales que prestan a la comunidad, entre ellos su rol como enfriador térmico y se debería constituir en parques y áreas de recreación y conservación de la naturaleza (Baez, 2013).

## **Educación ambiental**

### **La educación ambiental en el Ecuador**

En primera instancia es de gran importancia definir lo que por Educación Ambiental se entiende. En el encuentro nacional de Jefes Provinciales de Educación Ambiental y Vial, realizado en la ciudad de Baños, Provincia de Tungurahua en el mes de junio del 2006, definió la Educación Ambiental como: “Se entiende por Educación Ambiental a los procesos integradores mediante los cuales el individuo y la ciudadanía construyen valores, conocimientos, aptitudes, actitudes, habilidades, técnicas y compromisos para la defensa y respeto del ambiente, orientados a la calidad de vida y su sustentabilidad.” (Ministerio de Educación, 2006)

Un sin número de aportes, han ido creando gradualmente en la ciudadanía, conciencia ambiental, pues constituye un compromiso de todos, un derecho a vivir en un medio saludable y equilibrado, que favorezca al mejoramiento de las condiciones de vida de todos los habitantes.

El Art. 14 de la Constitución de la República del Ecuador, referente a un ambiente sano dice “se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, Sumak Kausay. Se declara de interés público la preservación del ambiente, conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la preservación del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados” (MAE, 2011)

De esta manera encontramos que la Educación Ambiental obliga a que se fortalezca una perspectiva integradora para la comprensión de la problemática ambiental, ya que ésta es el resultado de las interacciones entre el entorno natural y social. Para educar con respecto a un problema ambiental se requiere de un diálogo permanente para tener conocimiento de todas las perspectivas y todos los puntos de vista.

Tabla 4 Problemáticas a tratar en los Proyectos de Educación Ambiental

<b>Problemáticas globales</b>	<b>Problemáticas ambientales</b>
Cambio climático, lluvia ácida, deterioro de la capa de ozono	Agua
<b>Problemáticas locales</b>	Suelo
Conservación de biodiversidad	Atmósfera
Espacios naturales	Biodiversidad
Calidad de las aguas	Consumo de recursos
Medio litoral	Energía
Entornos forestales	Transporte
Medio ambiente urbano y sostenibilidad local	Territorio

### **Planteamiento de la educación ambiental como propuesta para la recuperación del río Pove en la ciudad de Santo Domingo, Ecuador**

Dada la preocupación por el problema de carácter ambiental en esta importante fuente hídrica, se deberían realizar mesas de trabajo donde diferentes entidades de la ciudad de Santo Domingo discutan el camino que se debe tomar para mitigar la problemática socio ambiental del río y generar opciones de carácter sostenibles para la población.

De este modo se definiría una propuesta de educación ambiental cuyo fin es hacer del río Pove un eje estratégico para el desarrollo sostenible de la ciudad de Santo Domingo mediante la participación activa de diferentes instituciones, pero principalmente de la población residente en las cercanías a la ribera, para lograr una mitigación gradual del deterioro ambiental en el río y sus ecosistemas asociados.

### **Herramientas para la inclusión social en la educación ambiental**

Esta propuesta tiene como objetivo principal “Implementar una estrategia de concientización ambiental en los diferentes sectores de la población asentada en la cuenca del río Pove con el fin de generar un proceso de recuperación de esta fuente hídrica”. Esto, a través de la implementación de varias herramientas, que permitan lograr la finalidad de una manera organizada.

Para incluir a la población asentada dentro del proyecto de educación ambiental, se pueden utilizar las siguientes herramientas:

- Campañas de información
- Participación social
- Formación de líderes

#### Realizar campañas de carácter informativo en el cantón Santo Domingo

Con esta iniciativa se pretende informar a la población acerca de la problemática actual de la contaminación de los recursos hídricos, asimismo incentivar a las personas para que puedan ayudar a dar una pronta solución a dicho problema.

Los medios de comunicación para estas campañas pueden ser:

- Folletos explicativos
- Afiches
- Avisos en medios de prensa
- Spots televisivos
- Internet

#### Conseguir una participación continua de la población

Es de gran importancia el compromiso de la sociedad en temas ambientales, ya que sin la colaboración colectiva, todo este tipo de proyectos no se podrían realizar, para ello se requiere llevar a cabo acciones concretas tanto para la los habitantes cercanos al río Po-ve como para los pobladores de otros sectores de la ciudad.

Se pueden poner en práctica diferentes iniciativas para poder llegar con el mensaje de conservación a toda la comunidad, un ejemplo de ello son las casas abiertas en sitios públicos donde se puede tener un contacto más directo con la ciudadanía con el fin de dar a conocer todos los detalles acerca de la propuesta que se pretende poner en marcha y los beneficios que se quieren lograr, para de este modo fomentar una conciencia medioambiental enfocada en la conservación de recursos hídricos.

Involucrar a las nuevas generaciones para que las buenas prácticas ambientales perduren en el tiempo es algo indispensable, algo que se puede lograr haciéndolos partícipes de acciones básicas tales como mingas de limpieza enfocadas en ciertos tramos del río, para así evitar que se presenten graves problemas de contaminación.

Finalmente, otra buena iniciativa para mantener atenta a toda la ciudadanía es la vigilancia comunitaria, con esto se busca impedir cualquier acción que perjudique a la recuperación del río, como por ejemplo el arrojo de basura en las riberas o la descarga de aguas residuales domiciliarias.

#### Formación de líderes en educación ambiental

Para llevar a cabo esta iniciativa se pretende contar con la colaboración de las diferentes entidades como capacitadores que actúen con el objetivo de crear un grupo de trabajo en beneficio de la ciudadanía que se ha visto afectada por la contaminación del río Pove. Dicho grupo de trabajo será capacitado en temas ambientales, enfocados principalmente en la conservación de recursos hídricos, conocimientos que les permitirán llegar a toda la comunidad para dar a conocer las propuestas a implementar.

### Análisis económico

En el marco de dicho trabajo se presenta un costo aproximado en el cual se detallan diferentes conceptos de gran importancia para la ejecución de este proyecto en la tabla 5.

Tabla 5 Presupuesto del proyecto de educación ambiental en la comunidad adyacente a la microcuenca del río Pove

<b>Actividad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Unitario (\$)</b>	<b>Valor Total (\$)</b>
<b>Programa de Capacitación</b>				
Charlas de capacitación y participación de la comunidad	Capacitación	4	40,00	160,00
<b>Recursos humanos</b>				
Director del proyecto y capacitadores	Capacitadores	40 horas	6,00	240,00
<b>Campañas de carácter informativo</b>				
Folletos	1	100	1,50	150,00
Afiches	1	100	2,00	200,00
Avisos en periódicos	1	10	12,00	120,00
Spots publicitarios	1	1	350,00	350,00

Tabla 5 (Cont.)

<b>Formación de líderes en EA</b>				
Talleres de capacitación	Sala de conferencia	1	50,00	50,00
Conferencia sobre conservación de recursos hídricos	Capacitadores	2	40,00	80,00
		<b>TOTAL</b>		<b>1350,00</b>

## **Fitorremediación con pasto vetiver**

### **Fitorremediación**

La fitorremediación como tal está definida como el conjunto de técnicas que ayudan a la recuperación de la calidad en suelos y aguas contaminados mediante el uso de especies vegetales para inmovilizar, eliminar o reducir ya sean compuestos orgánicos o inorgánicos que resulten perjudiciales para suelos. También se puede decir que la fitorremediación consiste en el uso de plantas para recuperar suelos contaminados, es una tecnología aplicable de manera in situ que no es destructiva, además es de bajo costo y se basa en la estimulación de microorganismos degradadores (Truong, 2011).

La fitorremediación engloba todo proceso físico, químico o biológico inducido por las plantas, procesos que promueven la degradación, secuestro, absorción y metabolismo de los contaminantes, ya sea por las plantas o por los microorganismos que tienden a desarrollarse en la rizósfera.

El ingreso de los elementos contaminantes en las plantas se produce por medio de las raíces, mediante el proceso de absorción, sin embargo se ha podido observar que otros tejidos también son capaces de absorber metales. En un principio, las teorías aceptadas acerca de la nutrición explicaban el proceso de absorción de las sales inorgánicas al interior de las plantas, como un proceso de transporte pasivo. Dichas teorías fueron catalogadas como inconclusas debido a que no explicaban de forma clara la evolución de la planta en el medio en el cual crecían una vez realizada la absorción (Truong, 2011).

Actualmente se maneja una teoría totalmente diferente ya que se considera la absorción de sales como un proceso activo y no pasivo. Una vez que el sistema radicular ha entrado en contacto con las sales disueltas en solución, se inicia el proceso de adsorción. En la mayoría de las plantas, la capacidad de acumular metales no es una característica común, esto debido a que el número de veces en que ocurre de manera natural a niveles altos de metales en la biosfera es esporádica, y por lo tanto se puede considerar que es el resultado de una respuesta evolutiva (Orihuela, 2007).

En la actualidad se han encontrado diferentes especies entre las plantas acumuladoras de metales, que poseen una gran capacidad de acumular cantidades elevadas de com-

puestos orgánicos e inorgánicos sobre los índices estimados como tóxicos para el reino vegetal. A este tipo de plantas se las ha denominado como hiper-acumuladoras de metales (Orihuela, 2007).

En cada especie vegetal, la capacidad de tolerancia es variada, lo cual ocasiona que por cada especie se consiga establecer un rango estándar de valores sobre los cuales empiezan a presentar señales de toxicidad y la posibilidad que estas varíen a lo largo del proceso de desarrollo de la planta (Truong, 2011).

### **Técnicas de fitorremediación**

Según (Aviñó, 2013), existen una variedad de técnicas de fitorremediación que se detallan a continuación:

- **Fitoextracción**, en donde se usan plantas que tienen la capacidad de concentrar los contaminantes, ya sea del suelo o agua, en las partes recolectables de las plantas. Para mejorar este proceso, es posible utilizar en muchos casos abonos y otras sustancias químicas en el medio contaminado.
- **Fitotransformación**, en donde se utilizan algunas plantas que son capaces de producir enzimas que catalizan la degradación de las sustancias tóxicas para transformarlas en menos tóxicas o directamente en sustancias no tóxicas.
- **Fitoestabilización**, es la técnica en donde el uso de plantas sirve para reducir la movilidad de los contaminantes, evitando así su dispersión en el medio ambiente.
- **Fitovolatilización**, es cuando las plantas transforman en elementos volátiles todos los contaminantes presentes para luego transformarlos en elementos volátiles que luego serán liberados a través de las hojas.
- **Fitoestabilización**, es la técnica más utilizada ya que el uso de las plantas sirve para reducir la escorrentía y la movilidad de los contaminantes. Dicha acción limita la erosión y reduce la escorrentía hacia los acuíferos subterráneos. Este proceso muchas veces se puede efectuar, acelerándolo mediante la adición de compuestos ya sean de origen orgánico, mineral, natural o artificial. Es una técnica sumamente eficaz para prevenir el esparcimiento de contaminantes en las aguas superficiales o subterráneas.
- **Fitorrestauración**, técnica que consiste en la restauración total de suelos contaminados, llevándolos a un estado cercano al funcionamiento de suelos en estado

natural. Este tipo de fitorremediación se caracteriza por utilizar plantas nativas de la zona que se vaya a tratar. En el caso de la fitorrestauración en el medio acuático, se trata de un proceso relacionado con el manejo de especies vegetales para lograr la descontaminación.

- **Fitoestimulación**, consiste en aumentar la actividad microbiana ya sea en el suelo o el agua, y que está orientada a la degradación de los contaminantes, y que habitualmente es llevada a cabo por microorganismos vinculados a las raíces.
- **Rizofiltración**, técnica que consiste en el uso de plantas para eliminar el contaminante del medio hídrico a través de la raíz. En este tratamiento, las plantas que se utilizan, normalmente se cultivan en invernaderos, sumergiendo las raíces en agua. Una vez que el sistema radicular de la planta esté bien desarrollado, se procede a colocar las raíces en contacto con el agua a tratar.

### **Pasto Vetiver (Chrysopogon zizanioides)**

La utilización de esta especie vegetal ha sido muy importante en las tierras agrícolas, siendo este uno de los métodos más eficaces y naturales, y de bajo costo para el cuidado del medio ambiente. Esto ha provocado que haya una aceptación mundial del pasto vetiver, para este propósito. Por esta razón, al vetiver se lo conoce en diversas partes del mundo como una hierba milagrosa (Aviñó, 2013).

Las principales aplicaciones del vetiver son:

- El tratamiento de aguas contaminadas
- La rehabilitación de suelos contaminados
- La estabilización de taludes, ya sea en tierra firme como en el borde de los ríos

### **El uso del pasto vetiver en aguas contaminadas**

El uso de esta planta está ahora bien aceptado y utilizado en todo el mundo. De sus muchas aplicaciones, la más popular es la protección del medio ambiente, esto debido a su eficacia, facilidad de manejo y bajo costo. El pasto vetiver puede mejorar la calidad de las aguas de un río urbano contaminado a través de: obstruir el paso de escombros, se-

dimentos y partículas, la absorción de material contaminante y la desintoxicación de agroquímicos procedente de prácticas agrícolas.

Indagaciones previas realizadas para comprobar la eficacia de los atributos fisiológicos y morfológicos del vetiver en la preservación de suelo y de aguas, descubrieron que el pasto vetiver tiene también algunas propiedades muy eficientes en el tratamiento de aguas residuales contaminadas, así como las descargas domésticas y suelos contaminados con material tóxico procedente del sector minero e industrial (Truong, 2011).



Figura 3 Uso del pasto vetiver en aguas contaminadas

### **Características del pasto vetiver**

El pasto vetiver es una gramínea perenne que se caracteriza por tener un sistema radicular masivo, que puede alcanzar una profundidad de 2 a 3 m de crecimiento en un año. Su follaje es firme, alto y muy abundante, siendo capaz de soportar movimientos de agua de desbordamiento de hasta 80 cm y disminuir su velocidad casi a cero, a la vez que inmoviliza los sedimentos.

Sus semillas no son fértiles, es decir que es una planta asexual, y por ende no existe riesgo de que se transforme en maleza. Una vez establecido es capaz de tolerar condiciones extremas como sequías, inundaciones, fuertes variaciones de temperaturas, pH, y además se adapta con facilidad a suelos con presencia de metales pesados (Truong, 2011).

La gran adaptabilidad del Vetiver a las múltiples condiciones ambientales, sumado al hecho de la variedad de usos como por ejemplo la recuperación de áreas degradadas, la conservación de suelos y aguas, para el tratamiento de aguas servidas o residuales, entre otros, ha beneficiado probablemente su gran aceptación a nivel mundial.

No obstante a través de los años se ha estudiado el uso de numerosas especies vegetales, como medida de restauración, en el caso del Vetiver, ha sido analizada en diferentes situaciones comprobando su efectividad (Truong, 2011).

### **Planteamiento de la fitorremediación con pasto Vetiver como propuesta para la prevención de la erosión de las riberas del río Pove en la ciudad de Santo Domingo, Ecuador**

Los problemas que se presentan en cada invierno con la crecida del río Pove son permanentes, y con el pasar del tiempo es cada vez más evidente la vulnerabilidad que existe debido a que la inestabilidad del terreno de las riberas del río, está ocasionando un progresivo deterioro de las capas superficiales del suelo, y como resultado de ello, es habitual que se presenten inundaciones provocando un riesgo para la población.

El río Pove se desborda en cada época lluviosa debido a que normalmente se obstruye con facilidad por efectos del transporte de sedimentos ocasionados por la lluvia, y si no se aseguran sus riberas a través del uso de plantas de alta producción de raíces como el vetiver, las inundaciones en Santo Domingo, continuarán produciéndose cada año, provocando insalubridad, focos infecciosos y perjuicios en la infraestructura de las calles debido al estancamiento de las aguas.

Para la siembra del vetiver, primeramente hay que tomar en cuenta que de los casi 12 km que recorre el río Pove dentro de la zona urbana de Santo Domingo existe cierta parte del cauce que se encuentra encajonado, en su mayoría, por la zona céntrica de la ciudad; por tal razón solo se tomarán en cuenta alrededor de 9,5 km para la siembra debido a que la zona de encajonamiento suma en su totalidad aproximadamente 2,5 km.

## Metodología para la siembra del Pasto Vetiver

Según (Orihuela, 2007), normalmente la planta del vetiver se siembra de forma lineal ocupando una cantidad de diez plantículas por metro, para después obtener una planta resistente de unos tres metros de profundidad por aproximadamente cincuenta centímetros de diámetro, siendo esta una planta perenne de aproximadamente cincuenta años de vida.



Figura 4 Siembra del pasto vetiver en las riberas del río

### Materiales para la siembra

Es de suma importancia el uso de plantas de buena calidad para la siembra, utilizando hijuelos en pleno desarrollo y maduros, y prescindiendo del uso de los que ya están por cumplir su promedio de vida.

### Siembra

Se debe primeramente efectuar un análisis químico del suelo siempre y cuando sea un lugar nuevo donde se vaya a plantar el vetiver, con la finalidad de determinar los requerimientos de enmienda del suelo antes de proceder con la siembra.

Para lograr una mayor precisión, es de mucha utilidad el implementar herramientas para determinar las líneas y niveles con intervalos verticales que varían entre los 75 cm y 2 m. Se recomienda también que la distancia entre surcos sea de 15 cm.

### Riego

Es recomendable que el día anterior a la siembra se riegue la zona debido a que el vetiver necesita de suelo húmedo para su pronta adaptación. Si no hay precipitaciones durante la primera semana los riegos se realizarán a diario, todo esto dependiendo del tipo de clima de la zona. De 2 a 3 días durante las siguientes dos semanas y una vez cada 10 días hasta que el pasto se muestre bastante establecido.

### Mantenimiento

En el transcurso del primer año es necesario efectuar un control de malezas ya que puede sofocar, invadir y dar sombra al vetiver, esto último es altamente perjudicial debido a que el vetiver tiene la particularidad de ser intolerante a la falta de luz solar, especialmente en la fase en que el pasto se empieza a establecer en la zona intervenida. Además con los resultados del análisis de suelo se sabrá si es necesario o no el uso de fertilizante en el proceso de siembra del vetiver o en su posterior mantenimiento.

### Monitoreo y evaluación

Es importante involucrar en el monitoreo a las familias que residen en las cercanías del río, siendo estas las que tienen mayor relación con los riesgos y beneficios de esta propuesta. Se llevará un registro del desarrollo de las plantas luego de cada época lluviosa, esto debido a que puede darse una posible crecida del río provocando pérdidas. Por último se registrará el antes y después de la zona intervenida por medio de fotografías.

### **Viabilidad económica y sostenibilidad**

Para la realización de este proyecto se requiere la participación de entidades públicas como el municipio o la prefectura, así como también es de mucha importancia involucrar no solo a la comunidad afectada sino que también se debe hacer partícipe al resto de la comunidad de Santo Domingo; por medio de capacitaciones sobre el manejo del cultivo y el mantenimiento del mismo. Proceso con el cual se pretende reducir costos, promover una rápida propagación de la planta y al mismo tiempo desarrollar una costumbre conservacionista en todas las zonas intervenidas a lo largo de las riberas del río Pove.

Las autoridades competentes responsables del proyecto podrían contar con viveros de esta planta para su comercialización generando ingresos económicos para el proyecto. Se trabajara básicamente en el sector urbano y con parte de la zona rural por donde hace su recorrido el río Pove.

### **Análisis económico**

Tomando en cuenta que por cada metro lineal se sembrarán 10 plantas, se obtiene que el costo total por metro lineal el cual se muestra en la tabla 6.

Tabla 6 Costo de la planta vetiver

<b>Item</b>	<b>Rubro</b>	<b>Costo unitario por metro lineal</b>
1	Plantas	0,60
2	Regaderas	0,20
3	Mano de obra	0,20
4	Deshierbado	0,20
5	Transporte	0,07
6	Dirección técnica	0,33
<b>Costo Total</b>		<b>1,60</b>

Con lo que se concluye que un metro lineal intervenido tendrá un valor aproximado de 16 \$.

La distancia de terreno aproximada en la que se ejecutará este proyecto es de aproximadamente 9,5 km debido a que existe alrededor de 2,5 km de encajonamiento; con este cálculo tenemos como resultado cerca de 19000 metros lineales considerando la siembra en los dos lados del río.

Tabla 7 Costo total de las plantas usadas en el proyecto

<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario (\$)</b>	<b>Precio total (\$)</b>
Lado norte del río Pove	Plantas	95,000	1,6	152,000
Lado sur del río Pove	Plantas	95,000	1,6	152,000
<b>TOTAL</b>				<b>304,000</b>

El presupuesto final para la ejecución del proyecto de fitorremediación contará con información aproximada.

### **Parque lineal Río Pove**

Como reflejo de la poca eficacia en materia de ordenamiento territorial por parte de las autoridades competentes, la escasez y la falta de mantenimiento en la mayoría de los espacios públicos verdes de la ciudad de Santo Domingo, han sido el resultado de un crecimiento poblacional desordenado, y como consecuencia se ha visto alterado el paisaje urbanístico y ecológico de la ciudad. Es por eso que partiendo de esa necesidad, es necesario crear y mejorar zonas verdes desde una perspectiva más natural que sirva como estrategia de integración social y equilibrio ecológico.

Debido a la problemática ambiental que se evidencia, actualmente se busca intervenir en las zonas más afectadas para lograr una pronta recuperación de las mismas con el fin de beneficiar a la ciudadanía con lugares donde puedan interactuar en un medio ambiente más natural.

Los parques lineales al ser diseñados para lograr una armonía entre lo social y lo ambiental, podrían convertirse en una alternativa para el ordenamiento y la planificación urbana debido a que en la idealización de parques todavía lo artificial tiene un papel significativo por encima de la conservación de la naturaleza, alterando los elementos bióticos y abióticos del entorno que está siendo modificado.

Dada la topografía de la ciudad, estas zonas son apropiadas para ser tratadas como espacio público verde debido a que cuentan con un enorme potencial para mejorar la calidad del medio ambiente urbano y beneficiar a la población en general, ya que su aporte tanto para aves como para mamíferos de la zona puede ser altamente significativo siempre y cuando se trabaje bajo específicas condiciones de naturalidad, disminuyendo considerablemente la artificialidad al convertirlos en espacios aptos para beneficio de la comunidad. En esta propuesta se plantea identificar las características de los parques lineales como elementos de transformación urbanística y de uso social, que permitirán evidenciar la necesidad de intervenir más de un espacio disponible a lo largo de las riberas del río Pove en la ciudad de Santo Domingo, detallando también su función ecológica dentro del paisaje urbano.

## **Espacios públicos**

Para entender el significado de una zona verde urbana, como espacio público, es preciso analizar este concepto desde diferentes puntos de vista. Se entiende como espacio público a una parte del territorio en el cual las personas pueden moverse libremente. Normalmente se caracteriza por ser un lugar visible y accesible en el que un grupo de personas pueden darle un uso frecuente siendo este concebido para ser capaz de adaptarse y de acoger la disposición de múltiples actividades (Colunga, 2010).

Desde el punto de vista sociocultural, al espacio público siempre se lo ha catalogado como un lugar de relación y de contacto entre las personas, y algunas veces de expresión comunitaria. El comportamiento de la ciudad y la dinámica de sus habitantes puede crear espacios públicos que no estaban previstos o que sencillamente no son aceptados de forma jurídica. Pueden ser espacios que se encuentren entre edificaciones, accesos a sitios como estaciones de transporte y a veces espacios de terreno para obra pública o de resguardo ecológico. Absolutamente en todos estos casos lo que define la naturalidad del espacio público es el uso (Colunga, 2010).

## **Espacios verdes urbanos**

Podemos encontrar espacios verdes urbanos entre la mayoría de espacios públicos habilitados para cada ciudad. Los mismos que por sus cualidades intrínsecas, asumen un papel importante de oxigenación, así como también del de enriquecer el paisaje urbano. De igual manera, tienen su aporte de carácter significativo en la regulación hídrica y en la disminución del impacto ambiental en la zona. Juegan un papel importante en la reestructuración de la ciudad para un futuro más sostenible de la misma, vinculando espacios y orientando el crecimiento (Falcon, 2009).

Los espacios verdes urbanos pueden ser clasificados en lugares recreativos espacios abiertos o públicos, zonas de entretenimiento como por ejemplo los parques, y en áreas de acceso particular o privado. Actualmente, la gestión apropiada de las áreas verdes urbanas brinda diversas posibilidades para desarrollar una óptima corrección y prevención de los problemas ambientales presentes. Una de las principales funciones de estas áreas es lograr un ambiente adecuado para la realización de actividades recreativas y

sociales, siendo estas de gran importancia para el ambiente físico, la calidad del aire y la biodiversidad (Colunga, 2010).

Los espacios públicos verdes se dividen en tres grandes categorías: (1) Los espacios abiertos con los que cuenta la ciudad, de superficie y particularidades paisajísticas cuyo uso está propuesto principalmente para actividades recreativas (parques y paseos urbanos, plazas, balnearios, etc.) (2) Las vías de recorrido urbano que por sus dimensiones, tránsito, uso y arbolado constituyen un apoyo de valor único (3) Los lugares y contornos que definen la imagen paisajística de la ciudad, donde los elementos topográficos adquieren un valor excepcional al estructurar los usos urbanos (Falcon, 2009).

Dentro de las categorías antes mencionadas, a los espacios públicos verdes se los puede diferenciar también según a su origen (arbolado, localización, morfología) o según su escala (local, metropolitana, regional), donde encontramos por ejemplo, los parques metropolitanos, parques urbanos, plazas, plazoletas, corredores verdes, parques lineales, entre otros. De entre todos estos, destacamos a los parques lineales, los cuales tienen una escala menor en comparación con las plazas y paseos pero pertenecen a la misma categoría. Estos se sitúan sobre sectores densamente poblados en el interior de la ciudad, y están encaminados a satisfacer las necesidades de entretenimiento cotidiano de la población, siendo normalmente de uso peatonal y que por lo general no superan el kilómetro de distancia (Falcon, 2009).

### **Funcionalidad ecológica**

Los espacios verdes ubicados en torno a las quebradas, son espacios que conviene aprovechar por su linealidad próxima a una fuente hídrica, es decir, son áreas con potencial para transformarse en espacios públicos verdes naturalizados, siendo estas rehabilitadas con vegetación autóctona que provea de protección al sector y ocupando la menor cantidad de elementos artificiales posibles, para lograr una pronta regeneración natural. Comúnmente las quebradas en las ciudades soportan procesos de canalización o encajonamiento, lo que condiciona su potencial natural y las convierten en obstáculos para la vegetación y la fauna. En algunas ocasiones, en diferentes ciudades norteamericanas y europeas, se ha renaturalizado las riberas y reemplazado las placas de concreto por márgenes más naturales. La razón principal de estos cambios son de carácter ecológico, ya

que se trata no sólo de establecimiento de vegetación sino también de amortiguación climática (Velez, 2009).

Actualmente, una particularidad importante desde la perspectiva del manejo de la biodiversidad en las ciudades es el reconocimiento de la presencia de fauna silvestre que no sólo existen sino que sobreviven al acosamiento a la cual han sido sometidas en el último siglo con el aumento poblacional la densificación urbana. De manera que el espacio verde urbano no cumple sólo un objetivo visual sino que para ello se busca que las especies vegetales cumplan con su función biológica, y para ello el recurso hídrico es fundamental como conector y proveedor de alimento (Velez, 2009).

Como conclusión, bajo los conceptos anteriormente detallados se pudo lograr un diseño ideal para su pronta aplicación pero esto implica:

- Aportando en la mejora de los ecosistemas a través de acciones que permitan generar un cambio en la calidad del aire, el agua y el suelo, incentivando la biodiversidad por medio del mantenimiento de especies autóctonas.
- Fomentar la equidad social a partir espacios creados con la participación de la comunidad en la toma de decisiones acerca del sentido que va a adquirir y sobre las zonas que van a habitar.
- Disposición de acceso a todos los servicios con los que cuente el lugar. Equipamientos combinados que sirvan de punto de conexión social y al mismo tiempo sean espacios incluyentes.
- De manera natural, el parque lineal debe integrar la ribera o su eje estructurante, adaptando los bordes de la misma con la vegetación y que desempeñe la función de reducir y evitar la erosión, y que a su vez sirvan de enlace y hábitat para la fauna.
- Hacer uso de especies nativas; aquellas variedades que crecen en el área de donde son originarias, ya que son las que mejor se adaptan a las condiciones climáticas de la zona.
- Analizar las particularidades del medio donde se quiere establecer el área verde, en relación a la vegetación, suelo e hidrología, entre otros.
- Realizar un esquema acorde al espacio donde se ubicará el parque lineal, para reducir el impacto ambiental, el mantenimiento y además atraerá a la fauna.

### **Planteamiento un parque lineal como propuesta para la prevención de la erosión de las riberas del río Pove en la ciudad de Santo Domingo, Ecuador**

El diseño y creación de los parques lineales generalmente están asociados a los valores ecológicos que lo definen como ya fueron mencionados anteriormente. Desde la idea de urbanismo sostenible y el ordenamiento territorial, se convierten en herramientas de cohesión social (Colunga, 2010).

Los parques lineales ejercen de conectores de diferentes zonas verdes, barrios y como protección de la biodiversidad urbana. El parque lineal para ser considerado como tal, debe estar reservado para el uso de peatones y ciclistas, y tener un ancho mínimo de 25 metros, además de disponer de una distribución territorial caracterizada por la vegetación (Colunga, 2010).

Es por eso que a partir de la idea de recuperación del paisaje urbano en algunos sectores donde cruza el río Pove, surge como una opción la creación de un parque lineal para facilitar una articulación entre los planes urbanísticos y los procesos ecológicos.

Para el lugar y ejecución de este proyecto se tomaron en cuenta aspectos importantes como los espacios en desuso, lugares donde existe focos de contaminación, una baja calidad de paisajismo, entre otros. Por lo que en consecuencia se escogió un espacio disponible ubicado entre la Cooperativa Liberación Popular y la Urbanización Abarca, el cual cuenta con las coordenadas  $0^{\circ}15'30.94''$  S y  $79^{\circ}10'34.14''$  O.

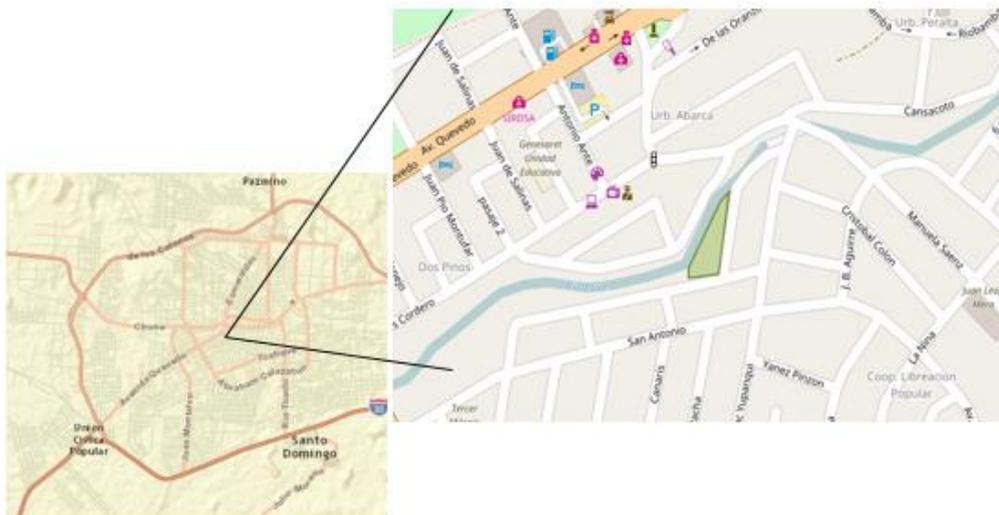


Figura 5 Ubicación del proyecto Parque lineal río Pove

Con un área aproximada de casi 5000 metros cuadrados, Este parque pretende ser orientado a vincular la ribera del río Pove y una mejora en el paisajismo del sector. Estará constituido por pequeños senderos y un puente peatonal, que permitirá la movilidad desde el parque hacia una de las calles paralelas al otro lado del río. Ubicado en una zona de condiciones sociales bajas, este ejemplo de parque nace como respuesta a la necesidad de contrarrestar la contaminación ambiental y mejorar la calidad de vida en el sector.

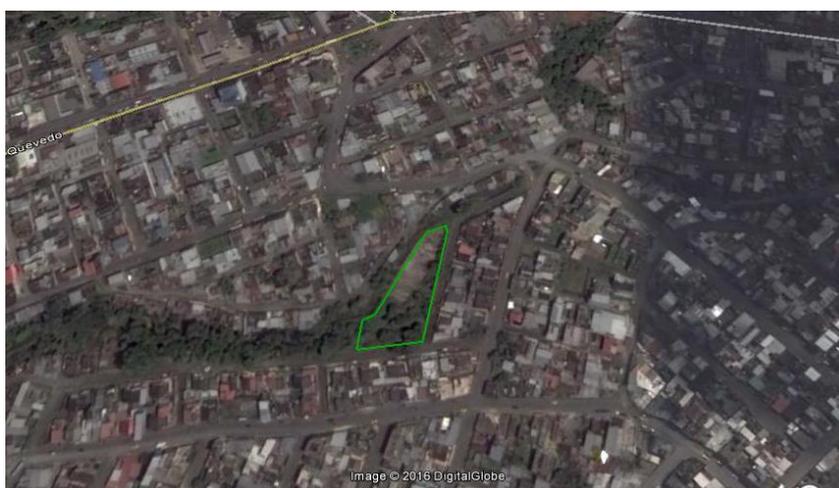


Figura 6 Descripción del área del proyecto Parque lineal río Pove

## Análisis económico

Tabla 8 Presupuesto del diseño del parque lineal

<b>Diseño</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Superficie</b>	<b>Costo/m2</b>	<b>Subtotal</b>
Parque lineal (área verde, mobiliario, señalización, etc)	m <sup>2</sup>	5,000	3,00	8,000
Rehabilitación urbana (mano de obra)	m <sup>2</sup>	2,500	0,25	625
Diseño arquitectónico de un puente peatonal (20 x 4 m)	m <sup>2</sup>	150	3,00	450
Diseño arquitectónico	m <sup>2</sup>	1,500	5,00	7,500
Diseño estructural	m <sup>2</sup>	1,500	4,00	6,000
Diseño eléctrico	m <sup>2</sup>	1,500	1,5	2,250
Estudio topográfico	m <sup>2</sup>	5,000	0,03	150
Estudio de suelo	m <sup>2</sup>	3	300	900
Estudio de impacto ambiental	m <sup>2</sup>	5,000	0,25	1,250
<b>Total</b>				<b>27,125</b>

Tabla 9 Presupuesto de ejecución del parque lineal

<b>Ejecución</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Superficie</b>	<b>Costo/m2</b>	<b>Subtotal</b>
Parque lineal (área verde, mobiliario, señalización, etc)	m2	5,000	90,00	450,000
Rehabilitación urbana	Mano de obra	2,500	35,00	87,500
Construcción de un puente peatonal (20 x 4 m)	m2	150	400	60,000
Implementación de señalización y comunicación	m2	5,000	0,18	900
Implementación de medios de seguridad	m2	5,000	0,18	900
<b>Total</b>				<b>599,300</b>

Tabla 10 Presupuesto de socialización y costo final del proyecto

<b>Socialización</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo</b>	<b>Subtotal</b>
Eventos de socialización (Publicidad)	Unidad	1	6,000	6,000
Inauguración del Parque	Unidad	1	6,000	6,000
Perifoneo	Vehículos	4	500	2,000
Material gráfico (Publicidad)	Unidad	1000	5,00	5,000
<b>Total</b>				<b>19,000</b>
<b>Costo final a pagar</b>				<b>645,425</b>

### III. CONCLUSIONES

Según los valores obtenidos del análisis del agua del Rio Pove, la contaminación es variable entre los puntos de muestreo, siendo las bacterias coliformes fecales, las que superan en algunos puntos los valores máximos permitidos en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA).

Las posibles propuestas de remediación de la contaminación del Rio Pove son: proyecto de educación ambiental, fitorremediación con pasto vetiver y la construcción de parques lineales. Dichas propuestas se complementan y logran la protección del medio ambiente, así como para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos y de aumentar el índice de espacios verdes urbanos

Es recomendable que en el municipio de Santo Domingo, asesore y fortalezca a los grupos de trabajo enfocados en la conservación de recursos hídricos, para que las zonas de mayor necesidad puedan beneficiarse de la educación ambiental como un componente eficaz para el alcance de los objetivos planteados.

.

## REFERENCIAS

- Aviñó, J. P. (2013). *Fitorremediación: una experiencia muy personal*. Madrid: Editorial Helice.
- Baez, Y. L. (2013). *Parques ribereños como infraestructura urbana para enfrentar el cambio climático en las ciudades caso de estudio río Mapocho*. Santiago - Chile.
- Chaple, E. B. (2009). *Tribunal Latinoamericano del Agua*. Obtenido de <http://tragua.com/wp-content/uploads/2012/04/Enfermedades-H%C3%ADdiricas-original.pdf>
- Colunga, M. B. (2010). Transporte y naturaleza: Plan de desarrollo en parques lineales. *Forjando el medio ambiente*, 12-18.
- Domingo, G. M. (2011). *Plan de Desarrollo del Cantón Santo Domingo 2025*. Santo Domingo de los Colorados.
- Ecología, I. N. (2007). *Economía ambiental: Lecciones de América Latina*. México, D.F.: Desarrollo Gráfico Editorial, S.A.
- Educación, M. d. (2006). *Proyecto de Fortalecimiento de la Educación Ambiental y Vial en el Sistema Educativo Nacional*. Baños.
- Espinosa, T. T. (2010). Educación Ambiental y Desarrollo Sostenible. *IDEA*, 120-129.
- Falcon, A. (2009). *Espacios verdes para una ciudad sostenible*. Barcelona: Gustavo Gili SL.
- GreenFacts. (2006). Consenso Científico sobre Recursos Hídricos. *GreenFacts*, 2.
- INEC. (2010). Fascículo Provincial Sto. Domingo.

- MAE. (1 de Diciembre de 2011). *www.ambiente.gob.ec*. Obtenido de <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/10/Resoluci%C3%B3n-1681.pdf>
- MAE. (2012). *Ministerio del Ambiente*. Obtenido de <http://www.ambiente.gob.ec/mae-realizo-muestreo-en-el-rio-pove-en-santo-domingo-de-los-tsachilas/>
- Orihuela, J. A. (2007). *Manual sobre el uso y manejo del pasto Vetiver*. Lima.
- Pacífico, P. A. (3 de Mayo de 2013). *Biblioteca del Congreso Nacional de Chile*. Obtenido de <http://observatorio.bcn.cl/asiapacifico/noticias/sistema-vetiver-india-reutilizacion-aguas-contaminadas>
- Peinado-Vara, A. V. (2011). *La responsabilidad social de la empresa en América Latina*. Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Pichincha, C. P. (2007). Caracterización cantonal y parroquial. 227-249.
- Ramos Olmos, R., Sepúlveda Marqués, R., & Villalobos Moreto, F. (2002). *El agua en el medio ambiente Muestreo y Analisis*. Baja California: Plaza y Valdes.
- Truong, P. (2011). *El Sistema Vetiver para prevención y tratamiento de aguas y tierras contaminadas*. Brisbane.
- Unidas, N. (2008). *Prospectos de urbanización mundial*. Nueva York: Naciones Unidas.
- Velez, L. A. (2009). Del parque urbano al parque sostenible. *Revista de Geografía Norte Grande*, 35-38.