

**LA FITORREMEDIACIÓN EN AGUAS; UNA ALTERNATIVA DE
EDUCACIÓN AMBIENTAL PARA EL SECTOR RURAL, EN
FUSAGASUGÁ CUNDINAMARCA.**

NATALIA ANDREA ROMERO DAVILA

**UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS
MAESTRIA EN GESTIÓN AMBIENTAL SOSTENIBLE
VILLAVICENCIO
2017**

**LA FITORREMEDIACIÓN EN AGUAS; UNA ALTERNATIVA DE EDUCACIÓN
AMBIENTAL PARA EL SECTOR RURAL, EN FUSAGASUGÁ
CUNDINAMARCA.**

NATALIA ANDREA ROMERO DAVILA

Trabajo de grado para optar por el título de maestría en gestión ambiental
sostenible

Director

JUAN CAMILO ALVAREZ MAHECHA
Bio, MSc, PhD Biotecnología

**UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS
MAESTRIA EN GESTIÓN AMBIENTAL SOSTENIBLE
VILLAVICENCIO
2017**

Nota de Aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Villavicencio Mayo de 2017.

DEDICATORIA

A lo largo de la vida se encuentran retos y desafíos que son la prueba de la capacidad de superación que tenemos como personas, no es sencillo superar cada uno de estos desafíos, pero a medida que caminamos nos encontramos con personas que nos inspiran a sobresalir ya sea por ser elementos de motivación o por ser elementos de negatividad, pero finalmente son más los ángeles que nos rodean.

Con este trabajo me reencontré y crecí como persona al lado de mis padres, mi esposo y mis hijas, quienes creen en mí, más de lo que alguna vez me pude imaginar.

Agradezco el acompañamiento incondicional de mi director de trabajo de grado.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a las siguientes instituciones y personas su colaboración, disposición y apoyo para la realización de este trabajo: Universidad de Cundinamarca sede Fusagasugá, Facultad de ciencias agropecuarias, en general al programa de ingeniería agronómica, Granja la esperanza y su planta operativa, comunidad de la vereda Guavio bajo y terceros que hicieron posible esta iniciativa.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	18
2. OBJETIVOS	20
2.1. OBJETIVO GENERAL	20
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	21
3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	21
3.2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	23
4. JUSTIFICACIÓN	24
5. MARCO TEÓRICO	27
5.1. MARCO CONCEPTUAL	27
5.1.1 Investigación participativa	28
5.1.2. Investigación Acción Participativa	30
5.1.3. Principios de la investigación acción participativa.	31
5.1.4. Fitorremediación	31
5.1.4.1 Ventajas y desventajas de la Fitorremediación	34
5.1.4.2 Características morfofisiológicas de vegetales utilizados en fitorremediación.	36
5.1.4.3 Plantas hiperacumuladoras.....	37
5.1.5. La fitorremediación y la educación.	40
5.1.6 Vetiver	42
5.1.6.1 Características morfológicas del Vetiver	44
5.1.6.1.1 Sistema radicular	45
5.1.6.1.2 Sistema caulinar.	45
5.1.6.2 Sistema vetiver	46
5.1.6.3 Antecedentes del sistema vetiver en procesos de fitorremediación.....	48
5.1.6.4 Las ecotecnologías y el sistema vetiver.	50
5.1.7. El agua.....	51
5.2 MARCO LEGAL	54
6. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL	56

6.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	56
6.1.1 Sistema físico- biótico de la vereda.....	59
6.1.1.2 Topografía.....	59
6.1.1.3 suelos.....	59
6.1.2 Aspectos climatológicos.....	60
6.1.2.1 Temperatura.....	60
6.1.2.2 Precipitación.....	60
6.1.3 Características bióticas.....	60
6.1.4 Caracterización de la granja la Esperanza.....	61
6.2 METODOLOGÍA.....	63
6.2.1 Primera fase.....	64
6.2.2 Segunda fase.....	66
6.2.3 Tercera fase.....	68
6.3 DISEÑO ESTADÍSTICO.....	71
6.4 DISEÑO DEL MODELO.....	73
6.4.1 Diseño del diagnóstico.....	73
6.4.2 Diseño de la estrategia pedagógica.....	75
6.4.3 Diseño de la propuesta.....	76
7 RESULTADOS DEL PROYECTO Y DISCUSIÓN.....	77
7.1 Primera fase: diagnóstico del uso actual del recurso hídrico en la vereda Guavio Bajo del municipio de Fusagasugá.....	77
7.2 Segunda fase: identificar los cambios percibidos por la comunidad de la vereda Guavio Bajo en los ecosistemas, el uso, manejo y la contaminación del recurso hídrico.....	102
7.2.1 Percepción de los alumnos y comunidad de la vereda.....	103
7.3 Tercera fase: generar conocimientos mediante un modelo educativo sobre el sistema vetiver, a partir de las experiencias recopiladas en la granja experimental la Esperanza.....	105
7.3.1 El sistema vetiver, en la granja experimental la Esperanza.....	105
7.3.1 Modelo educativo sobre el sistema vetiver, a partir de las experiencias recopiladas.....	106
7.3.3 Experiencias pedagógicas, sobre la socialización del sistema vetiver.....	114
7.3.4 Análisis DOFA.....	118

8 CONCLUSIONES	121
9 RECOMENDACIONES	122
10 BIBLIOGRAFÍA	123
11 ANEXOS	130

LISTA DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Tipos de fitotecnologías en la fitorremediación.	33
Tabla 2. Experiencias con el sistema vetiver en la fitorremediación.	48
Tabla 3. Resumen metodológico del primer objetivo específico.	65
Tabla 4. Resumen metodológico del segundo objetivo específico.	67
Tabla 5. Resumen metodológico del tercer objetivo específico.	69
Tabla 6. Percepción de la comunidad de su vereda.	103
Tabla 7. Opinión de la comunidad con respecto a la condición actual del recurso hídrico.	114
Tabla 8. Opinión de los estudiantes sobre los talleres.	116
Tabla 9. Matriz DOFA.	119

LISTA DE GRÁFICAS

	Página
GRAFICA 1. Relación entre producto y cantidad de productores.	77
GRAFICA 2. Fuentes de agua en las fincas de la vereda.	80
GRAFICA 3. Porcentaje de la población que dice tener sistemas de purificación de agua en su acueducto.	82
GRAFICA 4. Porcentaje de la población que conoce sistemas de purificación.	84
GRAFICA 5. Satisfacción de la comunidad con el agua de consumo.	84
GRAFICA 6. Porcentaje de la población encuestada que sabe la diferencia entre agua potable y agua cruda.	85
GRAFICA 7. Porcentaje de la población que sabe cuáles son las características del agua de buena calidad.	85
GRAFICA 8. Porcentaje de la población encuestada que tiene algún tipo de reservorio de agua en su finca.	87
GRAFICA 9. Porcentaje de la población que cuenta con concesión de agua.	88
GRAFICA 10. Porcentaje de la población que cuenta con medidor de agua.	89
GRAFICA 11. Porcentaje de la población encuestada que le da tratamiento a las aguas residuales.	90
GRAFICA 12. Porcentaje de la población encuestada que hace alguna actividad para cuidar el agua.	92
GRAFICA 13. Porcentaje de la población encuestada que considera que el agua que llega a sus fincas es suficiente.	92
GRAFICA 14. Porcentaje de la población encuestada que aumentaría el área agropecuaria si tuviera agua de forma permanente.	93

GRAFICA 15. Actividades que contaminan los recursos hídricos.	94
GRAFICA 16. Porcentaje de la población encuestada que conoce alguna institución que trabaje en la prevención de los efectos de la contaminación del agua en el municipio.	95
GRAFICA 17. Porcentaje de la población que ha recibido recomendaciones por parte de las instituciones.	95
GRAFICA 18. Porcentaje de la población encuestada que dice que en su comunidad existen trabajos dirigidos a la prevención y conservación del agua.	96
GRAFICA 19. Porcentaje de la población encuestada que sabe que son las ecotecnologías.	97
GRAFICA 20. Porcentaje de la población encuestada que sabe que es la fitorremediación.	97
GRAFICA 21. Porcentaje de la población encuestada que tienen barreras de vegetación en las fuentes hídricas.	98
GRAFICA 22. Porcentaje de la población encuestada que dice que hay áreas protegidas en las fuentes hídricas de la comunidad.	99
GRAFICA 23. Porcentaje de la población encuestada que dice que existen corredores ribereños.	99

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Problemática del ecosistema del lago de la granja la Esperanza, como modelo pedagógico para la vereda Guavio bajo.	22
Figura 2. Interacciones del ecosistema del lago de la granja la Esperanza.	25
Figura 3. Ubicación geográfica de Fusagasugá.	56
Figura 4. Ubicación geográfica de la vereda Guavio en el municipio de Fusagasugá.	58
Figura 5. Levantamiento topográfico del lago de la granja.	62
Figura 6. Fotografía aérea de la granja la Esperanza.	63
Figura 7. Modelo eco-tecnológico, como recurso pedagógico.	68
Figura 8. Esquema general del proceso metodológico.	70
Figura 9. Distintos tipos de áreas agrícolas destinadas a la producción de alimentos y materias primas.	79
Figura 10. Líneas de conducción de agua vereda Guavio Bajo.	81
Figura 11. Calidad de agua suministrada a las fincas de la vereda.	83
Figura 12. Tipos de reservorios encontrados en las zonas veredales del área de estudio.	87
Figura 13. Puntos de captación de agua de los acueductos veredales	90
Figura 14. Descarga de agua residual en el área de estudio.	91
Figura 15. Temas y estrategias pedagógicas utilizadas en los talleres.	113

LISTA DE ANEXOS

	Página
ANEXO A. Encuesta aplicada a la comunidad primera fase.	122
ANEXO B. Lista de asistencia taller cartografía social (evidencia).	123
ANEXO C. Taller de cartografía social segunda fase (evidencia).	125
ANEXO D. Listas de asistencia taller manejo del agua tercera fase (evidencia).	127
ANEXO E. Cartilla proporcionada a la comunidad tercera fase.	130

GLOSARIO

ECOTECNOLOGÍA: Actualmente el término ecotecnología no tiene una definición precisa. En la bibliografía en inglés la mayoría de los resultados referentes a la palabra *Ecotechnology* se remiten a las aplicaciones de la ingeniería ecológica y la ecología industrial. En español las referencias científicas son escasas y por lo general están relacionadas con aplicaciones ecológicas como las tecnologías alternativas, dispositivos eficientes para el uso de agua y energía¹.

ESCORRENTIA: Corriente de agua que se vierte al rebasar su depósito o cauce naturales o superficiales².

FITORREMEDIACION: Hace referencia al proceso mediante el cual se realiza “limpieza del ambiente” utilizando plantas y sus microorganismos asociados. Se plantea como una tecnología no invasiva, alternativa y complementaria a los métodos de remediación convencionales. La fitorremediación aprovecha la propiedad de un grupo de plantas que toleran concentraciones extremas de metales u otros compuestos.

LIXIVIADO: Es un líquido que se filtra a través de los residuos sólidos en descomposición y que extrae materiales disueltos o en suspensión³.

MODELO: Son esquemas que simulan parcialmente una realidad, son vehículos que permiten aprender sobre fenómenos complejos del mundo en situaciones particulares. Un modelo da cuenta de las características de un fenómeno, establece relaciones y simula los diferentes efectos que emergen de dichas relaciones para entender, hasta cierto punto, la complejidad del fenómeno original. Sin embargo, un modelo solo representa parte de la totalidad de un sistema original es decir, un

¹ ORTIZ, Jorge Adrian, MASERA, Omar Raul and FUENTES, Alfredo Fernando. *La ecotecnología*. 2014. ISBN 9786078389032.

² RAE, Real Academia de la Lengua Española. *Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española*. 2016.

³ PALTA PRADO, Giovani Hernán and MORALES VELASCO, Sandra. FITODEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS CON POACEAS : *Brachiaria mutica* , *Pennisetum purpureum* y *Panicum maximun* EN EL MUNICIPIO DOMESTIC WASTEWATER PHYTODEPURATION WITH POACEAS : *Brachiaria mutica* , *Panicum maximum* and *Pennisetum purpureum* IN POPAY. 2013, **11(2)**, 57-65. ISSN 1692-3561.

modelo establece un razonamiento sustituto de la realidad y permite, en la mayoría de casos, predecir teóricamente lo que acontece al sistema⁴.

MODELO DE GESTION AMBIENTAL: Modelo que se fundamenta en tres formas de obtener resultados ubicando en pasado, presente y futuro, 1) la prevención que se basa en evitar que ocurran conflictos ambientales, 2) la corrección que traza como objetivo modificar las acciones que generan conflictos ambientales para reducirlo o evitarlos y finalmente, 3) la recuperación que trata revertir los procesos de deterioro ambiental que han ocurrido en el pasado. Todo esto mediante técnicas pedagógicas e investigaciones participativas.

PLANTAS HIPERACUMULADORAS: especies vegetales que no sólo toleran las altas concentraciones de metales pesados sino que las absorben y acumulan en la parte aérea. Han atraído la atención de la comunidad científica por su potencial uso como limpiadoras de suelos contaminados por metales y nitrógeno⁵.

POACEAE: Familia del reino vegetal que comprende un gran número de especies. Se trata de plantas herbáceas, perennes o anuales, con tallo culmo (hueco en los entrenudos y muy nudoso), en algunos casos lignificado (Bambuseae), pero no es lo normal. Crecen por todas las latitudes, con notable exclusión altitudinal. Son plantas perfectamente adaptadas a climas áridos. En algunas áreas tienden a dominar, llegando incluso a constituir bandas de vegetación muy extendidas que confieren una fisionomía propia al territorio (prado, estepa, sabana); se trata, por tanto, de una familia de notable importancia en el revestimiento vegetal del suelo⁶.

⁴ CONTRERAS PACHECO, Juan Carlos, GÓMEZ VÁSQUEZ, GONZALO and BARRERO TAPIAS, Gabriel. El desafío de las comunidades artesanales rurales una propuesta ecotecnológica para una artesanía. *Acta Agronómica*. 2009, **58**(3), 206-220.

⁵ PEÑA SALAMANCA, Enrique, MADERA PARRA, Carlos, SANCHEZ, Jesús and MEDINA VÁSQUEZ, Javier. Biospecting of native plants for their use in bioremediation process - Heliconia psittacorum case (HELICONIACEAE). *Revista Académica Colombiana de Ciencias*. 2013, **XXXVII**(0370-3908), 469-481. ISSN 0370-3908.

⁶ MONTEIRO, Juliana M., VOLLÚ, Renata E., COELHO, M. R R FONSECA, Adriano, GOMES NETO, Sérgio Costa and SELDIN, Lucy. Bacterial communities within the rhizosphere and roots of vetiver (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty) sampled at different growth stages. *European Journal of Soil Biology* [en línea]. 2011, **47**(4), 236-242. ISSN 11645563. Disponible en: doi:10.1016/j.ejsobi.2011.05.006.

SEDIMENTO: Materia que habiendo estado suspensa en un líquido, se posa en el fondo por su mayor gravedad⁷ .

XERÓFITA: las plantas xerófitas son aquellas que gracias a su morfología y fisiología poseen la capacidad de soportar largos periodos de sequias.

⁷ RAE, Real Academia de la Lengua Española. Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española. *Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española*. 2016.

RESUMEN

Este trabajo se realizó con el fin de generar actividades encaminadas a efectuar y comunicar disposiciones legales, desarrollando actividades que en su conjunto permitieron la construcción de modelos de gestión ambiental, necesarios para la conservación, prevención y mantenimiento de los ecosistemas de importancia hídrica, mejorando la calidad de vida de las personas que conforman el complejo sistema de relaciones económicas, culturales y sociales en la vereda Guavio bajo de Fusagasugá Cundinamarca mediante la implementación de alternativas ecotecnológicas basadas en el uso de la fitorremediación mediante el sistema vetiver.

PALABRAS CLAVE: gestión ambiental, educación ambiental, participación comunitaria, fitorremediación, sistema vetiver, ecotecnología.

1. INTRODUCCIÓN

La conservación de los recursos naturales, debe construirse a partir de los ámbitos académico, social y cultural, en donde la comunidad es el principal agente del cambio, a través del conocimiento, prevención, mantenimiento y reparación de los sistemas biológicos con los que interactúan continuamente; la elaboración conjunta y activa de planes de mitigación ambiental, permite generar alternativas en la búsqueda de soluciones a los problemas locales, que se han creado por el deterioro y contaminación paulatina de los ecosistemas aledaños a las fuentes hídricas vinculadas a procesos productivos del sector agropecuario.

Este proyecto nace del interés de crear planes de prevención en áreas que se encuentran intervenidas por factores antrópicos, por medio de actividades que permitan generar conciencia ambiental, manteniendo las características biológicas de los ecosistemas presentes en las fincas, por medio de la aplicación de alternativas de educación ambiental teórico-prácticas, que sean viables a bajos costos y que contribuyan a mitigar los problemas que se han venido acrecentando, con tecnologías limpias, económicas y eficaces como es considerado por Argota-Pérez⁸, para quienes la solución se encuentra en las plantas hiperacumuladoras, las cuales poseen reconocida capacidad de tolerancia y alta absorción de metales pesados⁹. Según Padmavathiamma y Li¹⁰, la fitorremediación se fundamenta en la capacidad que tienen algunas especies vegetales de absorber, acumular o tolerar

⁸ ARGOTA PÉREZ, George, ENCINA CÁCERES, Malú, ARGOTA COELLO, Humberto and IANNACONE, José. Coeficientes biológicos de fitorremediación de suelos expuestos a plomo y cadmio utilizando *Alopecurus magellanicus* var. *bracteatus* y *Muhlenbergia angustata* (Poaceae), Puno, Perú. *The Biologist* [en línea]. 2014, **12**(1), 99-108. Disponible en: doi:ISSN 1994-9073

⁹ JADIA C and FULEKAR, M.H. Phytoremediation of heavy metals: Recent techniques. *African journal of biotechnology* [en línea]. 2009, **8**(6), 921-928. ISSN 1684-5315. Disponible en: doi:10.4314/ajb.v8i6.59987

¹⁰ DAS, Padmini, Rupali DATTA, Konstantinos C. MAKRIS y Dibyendu SARKAR. Vetiver grass is capable of removing TNT from soil in the presence of urea. *Environmental Pollution* [en línea]. 2010, **158**(5), 1980-1983. ISSN 02697491. Disponible en: doi:10.1016/j.envpol.2009.12.011

altas concentraciones de contaminantes entre ellos metales pesados, compuestos orgánicos y radioactivos.

Este tipo de alternativas eco-tecnológicas contribuyen a la construcción de modelos pedagógicos para los sectores rurales que no cuentan con la información pertinente sobre este tipo de sistemas, permitiendo la generación de planes de prevención que logren mantener el papel fundamental de los ecosistemas en el desarrollo de las actividades agrícolas del sector rural.

Debido a los beneficios de las plantas hiperacumuladoras se plantea trabajar con el Sistema Vetiver (S.V), ya que ofrece alternativas para la conservación del suelo y agua, según¹¹, en los últimos seis años el S.V se ha extendido en el campo de la protección ambiental, principalmente enfocado en el tratamiento de aguas residuales y vertederos de residuos sólidos.

¹¹ TRUONG, Paul y Tran TAN VAN. Vetiver System Applications- Technical Reference Manual. *Network*. 2008, 126.)

2. OBJETIVOS

2.1.OBJETIVO GENERAL

Implementar un modelo pedagógico ecotecnológico basado en la fitorremediación, para mejorar la calidad del agua en la vereda Guavio Bajo del municipio de Fusagasugá Cundinamarca.

2.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Diagnosticar el uso actual del recurso hídrico en la vereda Guavio Bajo del municipio de Fusagasugá.

Identificar los cambios percibidos por la comunidad de la vereda Guavio Bajo en los ecosistemas, el uso, manejo y la contaminación del recurso hídrico.

Generar conocimientos mediante un modelo educativo sobre el sistema vetiver, a partir de las experiencias recopiladas en la granja experimental la esperanza de la Universidad de Cundinamarca.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El sector rural colombiano presenta problemas ambientales que dificultan el seguimiento y prevención de actividades cotidianas que generan desequilibrio en los ecosistemas aledaños a las fuentes hídricas, algunos de estos problemas son el desconocimiento en el mantenimiento de los sistemas biológicos, un bajo acompañamiento por parte de las corporaciones ambientales, y una deficiente capacitación en temas pertinentes a la prevención, mantenimiento, conservación y uso de los recursos hídricos, además de la disposición de aguas residuales y las características fisicoquímicas del agua de consumo humano, agrícola y pecuario.

Se seleccionó la vereda Guavio bajo del Municipio de Fusagasugá ya que allí se encuentra la granja experimental de la Universidad de Cundinamarca, la cual hizo parte de la investigación prestando sus instalaciones sirviendo como eje articulador entre la academia y la comunidad, con la finalidad de acercar y combinar elementos teóricos-prácticos sobre la manera de usar, manejar y preservar las fuentes hídricas que mejoren la calidad de vida de la comunidad aledaña. Se hace necesaria la participación de la comunidad para la generación de un modelo pedagógico, que contribuya a la solución de problemas locales de protección del medio ambiente con acciones encaminadas a la prevención y uso racional del agua.

Debido a la dificultad para poder acceder al recurso hídrico, la granja experimental cuenta con un reservorio alimentado por un nacimiento y por agua de escorrentía de la cual se desconoce su procedencia, este recurso es necesario para el desarrollo de producciones agropecuarias que apoyan el trabajo académico e investigativo de la facultad de ciencias agropecuarias, siendo esta granja una

combinación de los modelos productivos presentes en la vereda afrontando además las mismas problemáticas generadas por el cambio climático.

Ya que no se cuenta con la adecuada información acerca de la procedencia del agua que alimenta el reservorio, así como se desconoce el uso y disposición del recurso en las fincas aledañas, se hace necesario indagar sobre el uso y disposición de los sistemas hídricos, acueducto, alcantarillado, recolección y la calidad de agua dentro de la comunidad.

Se han logrado identificar las interrogantes que se deben solucionar mediante la implementación de un modelo pedagógico que mitigue los impactos generados por la intervención de la comunidad en el vertimiento de sustancias contaminantes procedentes de actividades agrícolas, pecuarias y domésticas en los ecosistemas hídricos de forma directa e indirecta y que representan una amenaza latente para la salud humana y diversidad biológica (figura 1).

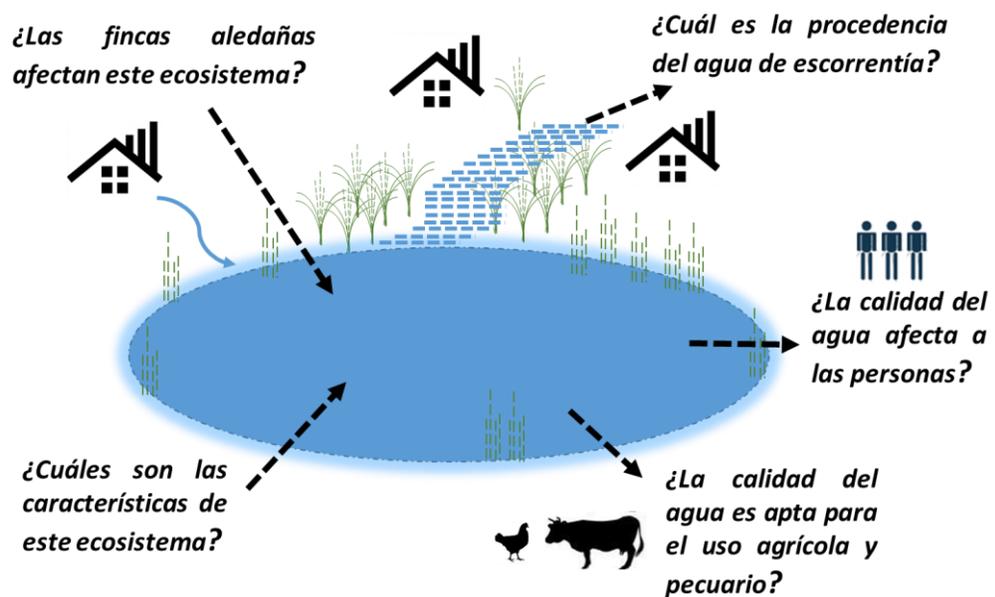


Figura 1. Problemática del ecosistema del lago de la granja la Esperanza, como modelo pedagógico para la vereda Guavio bajo. Fuente: (El autor, 2016).

El ecosistema del lago de la granja la esperanza, es vulnerable a la degradación ambiental por causas de origen antrópico, junto con el desconocimiento del origen de las aguas de escorrentía que lo alimentan, existe una escasa renovación que genera una mayor acumulación de sedimentos, agroquímicos y desechos domésticos no tratados, constituyendo una carga contaminante de lenta degradación y difícil recuperación. Otro factor identificado es la baja preocupación por el mantenimiento y conservación del recurso el cual conlleva al desconocimiento del valor ambiental, económico y social que tiene el lago para la comunidad y su entorno.

Las comunidades rurales tienen la necesidad de establecer programas educativos basados en metodologías ambientales que les permitan mejorar su entorno con actividades que garanticen la conservación de los ecosistemas garantizando así el adecuado bienestar de las comunidades presentes.

3.2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿De qué manera el proceso de fitorremediación en aguas con el sistema Vetiver, se puede convertir en un modelo educativo para mejorar y preservar la calidad del recurso hídrico en la vereda Guavio Bajo de Fusagasugá Cundinamarca?

4. JUSTIFICACIÓN

Colombia hace parte de los países reconocidos por tener gran cantidad de recursos hidrobiológicos, pero el aumento poblacional sumado al fenómeno de calentamiento global lo han llevado a tener problemas con la disponibilidad y la calidad del agua, este fenómeno presenta variadas causas entre las que se encuentran la ampliación de la frontera agrícola, deforestación excesiva, uso indiscriminado de recursos, baja educación y mala planificación. Esto se puede evidenciar analizando el cambio paulatino que tienen los municipios principalmente en sus áreas rurales afectadas por la calidad y disponibilidad del recurso hídrico.

El enfoque que posee el concepto de la *nueva ruralidad* evidencia la importancia del cuidado y conservación de las fuentes hídricas presentes en las veredas y sus áreas aledañas las cuales cuentan con una gran biodiversidad y suelos con potencial para la explotación agropecuaria.

La granja experimental la esperanza, es parte fundamental en el proceso de formación de profesionales en las áreas de zootecnia, ingeniería agronómica, ingeniería ambiental y tecnología en cartografía, ya que ofrece el espacio para realizar prácticas que ayudan a fortalecer los conocimientos adquiridos de forma teórica en los núcleos temáticos imparten semestralmente; Es importante resaltar que la Universidad juega un papel significativo en la investigación e innovación de tecnologías que permitan ser desarrolladas por la comunidad estudiantil, para luego ser difundidas en la comunidad rural siguiendo los modelos aplicados desde la academia para beneficio de los agricultores de la vereda.

Se tendrán en cuenta todos los elementos implícitos en la problemática actual del lago de la granja La Esperanza, buscando alternativas coherentes, desde una perspectiva multidisciplinaria, así como la aplicación de ecotecnologías, mecanismos de prevención, mitigación y control ambiental eficaz y adecuado al

contexto local. Se deben ejecutar soluciones tempranas a los procesos de contaminación integrando aspectos ecológicos, económicos, ambientales, normativos y sociales. En la figura 2 se observa la interacción del lago de la granja con los procesos que allí se desarrollan.

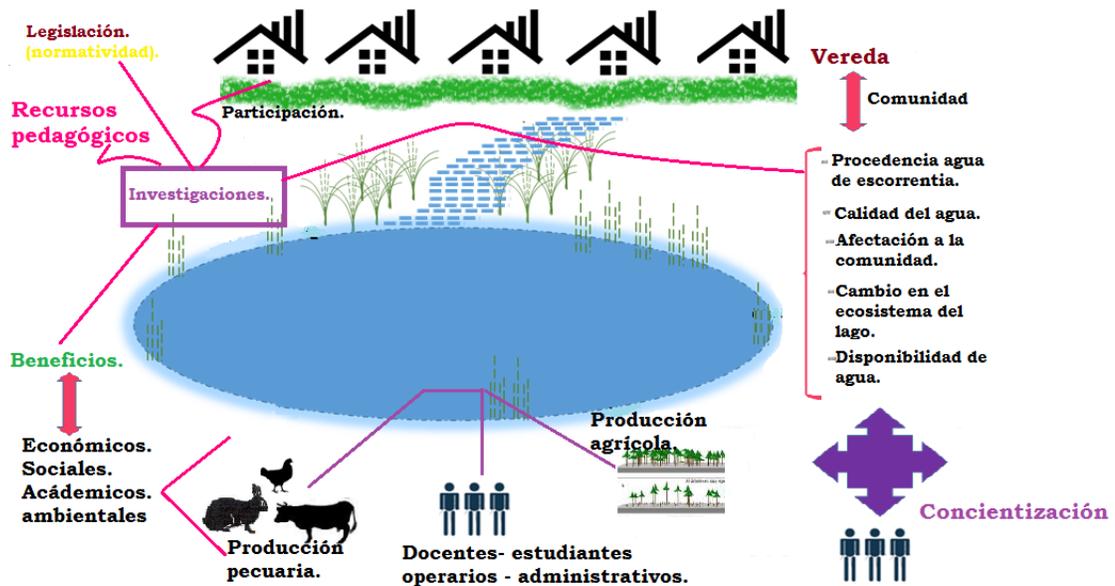


Figura 2. Interacciones del ecosistema del lago de la granja la Esperanza. (Fuente: el autor).

De acuerdo a la problemática encontrada, se hace necesario realizar el proyecto educativo enfocado a la *fitorremediación* como alternativa de mejoramiento de la calidad del agua, dentro de un Plan de Manejo Ambiental Participativo en la granja experimental la esperanza, que contribuya al desarrollo de acciones que permitan conocer las características ambientales en busca de propuestas de manejo y uso racional del recurso hídrico, favoreciendo la conservación del medio ambiente generando conciencia ecológica desde la academia, para la generación de dinámicas en pro del bienestar de la comunidad.

Este proyecto académico de acción participativa, se ejecuta por fases, que permitan un correcto diagnóstico de los componentes físicos, biológicos, ecosistémicos, normativos y sociales que se desarrollan dentro del lago de la granja experimental.

El primer paso se basa en determinar la situación ambiental del lago, posteriormente se implementa un plan de acción basado en el sistema vetiver como agente fitorremediador por sus atributos ideales para la conservación de suelo y la descontaminación de aguas.

Se busca involucrar a los diferentes actores locales, teniendo como objetivo, el mantenimiento, la recuperación y conservación de los recursos físico-biológicos, la generación de programas, planes y proyectos orientados al manejo, recuperación y uso racional del agua, así como la generación de espacios de aprendizaje que contribuyan a obtener el conocimiento de ecotecnologías de bajo costo que beneficien y mejoren la calidad de vida de las personas involucradas en los procesos productivos.

5. MARCO TEÓRICO

5.1. MARCO CONCEPTUAL

Muchos de los eventos actuales que son desfavorables para el desarrollo de vida de los seres humanos, tienen como consecuencia el aumento en la población mundial para lograr garantizar la seguridad alimentaria y para alcanzar resultados favorables ampliando las fronteras agrícolas trayendo consigo consecuencias desfavorables para el medio ambiente. El mal uso del suelo ha generado efectos negativos sobre el recurso, como pérdida de fertilidad, degradación y desertificación repercutiendo directamente en la calidad de los recursos hídricos, la erosión y el cambio de las condiciones climáticas¹².

La educación ambiental debe estar encaminada a brindar soluciones reales a la problemática ambiental presente en cada contexto social, para ello se debe tener en cuenta la relación que existe entre las personas y el entorno, esta relación social, cultural y económica que no se limita únicamente a considerar el entorno como el espacio físico donde se da una conducta determinada, sino a comprender que el espacio es quien va a imprimir al individuo ciertos significados para llevar una interacción constante, donde los actores locales interpretan y elaboran nuevas construcciones teóricas, con el fin de acrecentar las bases de una identidad social afiliada al entorno. *En este sentido la educación ambiental se orienta desde un enfoque histórico hermenéutico que permitirá reconstruir todos los hechos y acontecimientos que destacan la participación de las personas como forjadores y creadores de su realidad social con conciencia, pensamiento ético hacia los valores*

¹² DÍAZ MENDOZA, Claudia. Alternativas para el control de la erosión mediante el uso de coberturas convencionales, no convencionales y revegetalización. *Ingeniería e Investigación*. 2011, **31**(3), 80-90. ISSN 0120-5609.

*ambientales, perfilados desde la interpretación de los significados que construyen en función de la interacción con su entorno natural*¹³.

Las naciones unidas en la declaración de Rio en 1922 sobre el medio ambiente y el desarrollo, define a la educación ambiental, como un proceso que reconoce los valores y precisa conceptos centrados en fomentar las actitudes, destrezas, habilidades y aptitudes necesarias para comprender y estimar las interrelaciones entre el ser humano, su cultura y la relación con el medio ambiente. La educación es fundamental en cualquier ámbito, para adquirir conciencia, valores, técnicas y comportamientos ecológicos y éticos en consonancia con el desarrollo sostenible buscando favorecer la participación comunitaria efectiva en la toma de decisiones.

Los modelos metodológicos educativos se fundamentan en los paradigmas cualitativos, etnográficos y descriptivos que privilegian las dimensiones sociales subjetivas, con la forma en que los individuos se representan e identifican la realidad social¹⁴.

5.1.1 Investigación participativa

Según Cárdenas¹⁵, la investigación participativa surge como una alternativa a los métodos de investigación que tradicionalmente se han aplicado en las ciencias agropecuarias, y es sustentado como opción válida para transformar la realidad y obtener nuevos conocimientos pertinentes y contextualizados a las necesidades e intereses de los agricultores.

¹³ RENGIFO RENGIFO, Beatriz Andrea, Liliana QUITIAQUEZ SEGURA y Francisco Javier MORA CÓRDOBA. La educación ambiental una estrategia pedagógica que contribuye a la solución de la problemática ambiental en Colombia. *XII Coloquio internacional de Geocrítica*. 2012, 1-16.

¹⁴ Ibid. p. 1-16.

¹⁵ CÁRDENAS GRAJALES, Gloria Ines. Investigación Participativa con agricultores: Una opción de Organización Social Campesina para la consolidación de procesos agroecológicos. *Revista Luna Azul* [en línea]. 2009, (29), 95-102. ISSN 1697-2473. Disponible en: doi:10.1007/s13398-014-0173-7.2

Los enfoques participativos con pequeños agricultores en zonas rurales tienen sus orígenes en la sociología, la antropología el desarrollo rural y la investigación participativa, estos enfoques junto con la investigación y el desarrollo participativo, es dirigido al manejo de los modelos propios de investigación y desarrollo rural.

La investigación participativa tiene como objetivo final integrar a las comunidades ya que estas cuentan con una amplia diversidad de actores y por tanto diversidad de intereses, percepciones, conocimientos y creencias ancestrales en algunos temas específicos. Es por esto que en los últimos años se ha involucrado y aceptado este tipo de investigación, porque permite defender y justificar las interacciones de las comunidades con su medio ambiente, mediante puntos de vista éticos y epistemológicos, lo que involucra variadas disciplinas académicas que conllevan al diagnóstico y solución de problemas inherentes a las comunidades implicadas, asociadas al problema o situación particular¹⁶

La investigación científica ha tenido que evolucionar para acoplarse a las nuevas metodologías que involucran de manera directa a los actores locales que permitan tener un mayor impacto dentro de las comunidades o grupos sociales, es por esto que los enfoques inter y transdisciplinarios, enfatizan en la cooperación y diálogo entre disciplinas, metodologías, que plantean una forma de combatir con problemas complejos que requiere de múltiples conocimientos, ciencias asociadas y de su entrecruzamiento¹⁷.

La diferencia entre inter y transdisciplinario se sitúa en el hecho de que los enfoques transdisciplinarios consideran también saberes no académicos. Esta caracterización hace que dichos enfoques sean más comunes en áreas vinculadas con el ambiente, en donde la multiplicidad de actores implicados es proverbial. La transdisciplina puede entenderse como la formulación de problemas, y de

¹⁶ LÁZARO, Marila, TRIMBLE, Micaela, UMPIÉRREZ, Alejandra, VASQUEZ, Ana and Gustavo PEREIRA. *Juicios Ciudadanos en Uruguay. Dos experiencias de participación pública deliberativa en ciencia y tecnología*. 2013. ISBN 9789974010000.

¹⁷ Ibid. P 18.

propuestas para comprenderlos y resolverlos, mediante la interacción de especialistas de diversas disciplinas y de actores que, aún sin provenir de disciplinas académicas, posee experiencia y conocimiento relevantes en relación al problema¹⁸.

5.1.2. Investigación Acción Participativa

La IAP surge en los años 70, ante el fracaso de los métodos clásicos de investigación en el campo de la intervención social. El método de la investigación-acción participación (IAP) combina dos procesos, el de conocer y el de actuar, implicando en ambos a la población cuya realidad se aborda. Al igual que otros enfoques participativos, la IAP proporciona a las comunidades y a las agencias de desarrollo, un método para analizar y comprender mejor la realidad de la población (sus problemas, necesidades, capacidades, recursos), y les permite planificar acciones y medidas para transformarla y mejorarla. Es un proceso que combina la teoría y la praxis, y que posibilita el aprendizaje, la toma de conciencia crítica de la población sobre su realidad, su empoderamiento, el refuerzo y ampliación de sus redes sociales, su movilización colectiva y su acción transformadora¹⁹.

Según Fals Borda²⁰, la investigación acción participativa (IAP), se basa en generar una cercanía cultural con lo propio que permite superar el léxico académico limitante; por medio del equilibrio del análisis cualitativo y de la investigación colectiva e individual y se propone combinar y acumular selectivamente el conocimiento que proviene tanto de la aplicación de la razón instrumental cartesiana como de la racionalidad cotidiana y del corazón y experiencias de las personas de las comunidades, para colocar ese conocimiento sentipensante al servicio de los

¹⁸ LÁZARO, Marila, TRIMBLE, Micaela, UMPIÉRREZ, Alejandra, VASQUEZ, Ana and Gustavo PEREIRA. *Juicios Ciudadanos en Uruguay. Dos experiencias de participación pública deliberativa en ciencia y tecnología*. 2013. ISBN 9789974010000.

¹⁹ EIZAGUIRRE Marlen., ZABALA Néstor. *Diccionario de Acción Humanitaria y Cooperación al Desarrollo*. 2000.

²⁰ FALS-BORDA, Orlando and RODRIGUEZ-BRANDAO, C. *Investigación Participativa*. 2002.

intereses de las clases y grupos mayoritarios explotados, especialmente los del campo que no cuentan con la información actualizada.

5.1.3. Principios de la investigación acción participativa²¹

1. La IAP pone en primer plano la capacitación, pues los socios comunitarios juegan papeles cruciales para definir la agenda de la investigación.
2. Los procesos de IAP dependen del contexto, pues reúnen equipos transdisciplinarios que responden a las aspiraciones de los grupos interesados.
3. Los procesos de IAP conforman la acción a múltiples escalas para un cambio social positivo.
4. Los procesos de IAP se profundizan conforme se establecen relaciones duraderas y acontecen múltiples iteraciones de este ciclo.
5. Los procesos de IAP prestan atención a la diversidad de voces y sistemas de conocimiento con el fin de democratizar la investigación y los procesos de cambio social.

5.1.4. Fitorremediación

En el siglo XVIII Joseph Priestley, Karl Scheele y Antoine Lavoisier, demostraron que en presencia de luz las plantas son capaces de descontaminar la atmósfera; en 1885, Baumann, un botánico alemán, encontró altas concentraciones de Zinc en las hojas de algunas plantas que crecían en lugares que presentaban elevadas cantidades de este metal. En los años 70 se reconoció la habilidad de algunas plantas para limpiar aguas y suelos contaminados. Y así, en los años 90 surgió el concepto de fitorremediación (en español se usan indistintamente también:

²¹ MÉNDEZ, Ernesto, BACON, Christopher M, and COHEN, Roseann. Community Agroecology NETWORK y Santa CRUZ. La Agroecología Como Un Enfoque Transdisciplinario, Participativo Y Orientado a La Acción 1. 2013, 8(2), 9-18.

fitorrecuperación, fitocorrección, fitorrestauración o fitorrehabilitación)²². El término fitorremediación fue acuñado por el ruso Ilya Raskin 1994 y en torno a él se han desarrollado múltiples trabajos que ayudan a la recuperación de suelos y aguas contaminados mediante la biomasa vegetal²³.

La fitorremediación es una tecnología limpia y sustentable, que basa su principio en el uso de plantas para descontaminar o estabilizar *in situ* la concentración o peligrosidad de contaminantes orgánicos e inorgánicos de suelos, sedimentos, agua, y aire, a partir de procesos bioquímicos realizados por las plantas y los microorganismos asociados a su sistema radicular, a través de técnicas agronómicas dirigidas a liberar, contener o transformar en compuestos inocuos por medio de la reducción, mineralización, degradación, volatilización y estabilización de los diversos contaminantes²⁴.

Existen diferentes fitotecnologías empleadas en la fitorremediación, estas dependen directamente de cada sitio a intervenir, tipo de sustrato, características físicas del suelo, origen del agente contaminante, climatología, tipo de agua, explotaciones mineroenergéticas, agropecuarias, industriales y ecosistemas asociados. La entrada principal de los contaminantes se presenta a través la rizósfera, o del agua, si el cultivo es hidropónico o un humedal, siendo la zona de influencia directa donde se encuentran las raíces de las plantas. En este punto los sistemas radiculares se encuentran expuestos a los contaminantes por tal razón, es el área de dominio en donde se desarrollan algunas y/o todas las tecnologías remediadoras (tabla 1).

²² DE LA ROSA, Maria Guadalupe. Fitorremediación. <http://quimica.ugto.mx/revista>. 2006, 1(2), 28-33.

²³ SEPULVEDA, Niza. Desarrollo de un protocolo para la rizofiltración de efluentes contaminados con mercurio mediante la aplicación de filtros vegetales con la especie vetiver (*Vetiveria zizaniodes*). 2013, 0-115.

²⁴ IBID.p 0-115.

Tabla 1. Tipos de fitotecnologías en la fitorremediación.

Fitotecnología	Proceso	Contaminación tratada
Fitoextracción	Los contaminantes del suelo y agua, son absorbidos, concentrados y/o acumulados en sus raíces, tallos y follaje, a través de la biomasa, para su posterior recolección.	Diversas aguas y suelos contaminados con cadmio, cobalto, cromo, níquel, mercurio, plomo, selenio, zinc y tratamiento de aguas residuales
Fitovolatilización	Las plantas y la actividad microbiana asociada, a través de enzimas especializadas, pueden transformar, degradar y finalmente volatilizar a la atmósfera los contaminantes o compuestos orgánicos por medio de la transpiración.	Aguas residuales, agropecuarias, aguas con mercurio, selenio y solventes clorados (tetraclorometano y triclorometano).
Fitodegradación o fitotransformación	Las plantas captan el contaminante, lo asimilan, metabolizan y secuestran en sus vacuolas o los fijan a estructuras celulares insolubles, como la lignina, a través de este proceso los contaminantes se transforman en menos tóxicos o no tóxicos para los ecosistemas.	Aguas residuales agropecuarias, municiones, explosivos, hidrocarburos aromáticos polinucleares, hidrocarburos totales del petróleo, herbicidas, insecticidas y fungicidas, compuestos clorados, fosfatados, nitrilos y surfactantes.
Rizodegradación	Se basa exclusivamente en hacer crecer, en cultivos hidropónicos o humedales, las raíces de plantas terrestres con alta tasa de crecimiento y área foliar para absorber, concentrar y precipitar metales pesados y contaminantes orgánicos, este proceso se apoya en los microorganismos asociados y/o productos excretados que tienen la capacidad de destruir el contaminante en la zona radicular.	Aguas residuales, Aguas contaminadas con cadmio, cobalto, cromo, níquel, mercurio, plomo, selenio, zinc, isótopos radioactivos y compuestos fenólicos.
Fitoestabilización	Se utilizan plantas tolerantes que desarrollan un denso sistema radicular, que sirve para reducir la biodisponibilidad de contaminantes en el ambiente por medio de mecanismos de secuestro, lignificación o humidificación. Las plantas ejercen un control hidráulico en el área contaminada, es decir actúan como una bomba solar que succiona humedad de los suelos debido a sus altas tasas de evapotranspiración ²⁵ .	Lagunas de desecho de yacimientos mineros, aguas residuales, áreas de lixiviados agrícolas y aguas de uso doméstico.
Fitoestimulación	Se usan exudados radiculares para promover el desarrollo de microorganismos degradativos (bacterias y hongos)	Hidrocarburos derivados del petróleo y poliaromáticos, benceno, tolueno, atrazina, aguas residuales agropecuarias.

Fuente: tomado y adaptado Serrano²⁶.

²⁵ NÚÑEZ, MEAS, ORTEGA and OLGUIN. Fitorremediación: fundamentos y aplicaciones. *Ciencia. Revista de la Academia Mexicana* 2004, 69-83.

²⁶ SERRANO GOMEZ, Marlon. Fitorremediación: Una Alternativa Para La Recuperación De Suelos Contaminados Por Hidrocarburos. 2006.

El proceso de fitorremediación está directamente ligado a los procesos fisiológicos propios de cada planta, pero también, juegan un papel preponderante las comunidades microbianas asociadas al sistema radicular, haciendo de este un proceso complejo; cada una de las fitotecnologías posee condiciones particulares, determinadas principalmente por el tipo de contaminante y el sustrato a tratar: suelos, sedimentos o agua. En forma general, las medidas correctivas para contaminantes orgánicos incluyen la fitodegradación (o fitotransformación) y la fitoestimulación, mientras que para los metales pesados, incluidos los metaloides, radionúclidos y ciertos tipos de contaminantes orgánicos, se aplican la fitovolatilización, la fitoestabilización, la fitoextracción y la rizofiltración²⁷.

5.1.4.1 Ventajas y desventajas de la Fitorremediación

Ventajas

Para Betancur, Mazo, & Mendoza²⁸, las ventajas de la fitorremediación están representados en la capacidad que tienen las plantas de absorber metales, son extraídos de la biomasa cosechada y después reciclados. Se usa para limpiar una gran variedad de contaminantes, por su capacidad de absorción de estos metales en sus raíces; utiliza las capacidades existentes de las plantas y de los sistemas que apoyan para limpiar los suelos, siendo más rentable que los métodos usados tradicionalmente para la recuperación de suelos contaminados; implica menos trabajo y no perturba los alrededores naturales del sitio de la contaminación. Aunque es una técnica que toma tiempo, es una buena manera de hacer uso de los recursos naturalmente existentes, y por último puede reducir la entrada de contaminantes en el ambiente, disminuyendo su salida a los sistemas de las aguas subterráneas, porque los contaminantes quedan atrapados en las plantas.

²⁷ Ibid. P 69-83.

²⁸ AGUDELO BETANCUR, Lina Marcela, MACIAS MAZO, Karina, and SUÁREZ MENDOZA, José Alfredo. Fitorremediación: la alternativa para absorber metales pesados de los biosólidos. *Revista Lasallista de Investigación*. 2005, **2**(1), 57-60. ISSN 17944449.

Según Delgadillo, González y Ramírez²⁹ las ventajas de la fitorremediación son:

- Se puede realizar *in situ* y *ex situ*.
- Se realiza sin necesidad de transportar el sustrato contaminado, con lo que se disminuye la diseminación de contaminantes a través del aire o del agua.
- Es una tecnología sustentable.
- Es eficiente tanto para contaminantes orgánicos como inorgánicos.
- Es de bajo costo.
- No requiere personal especializado para su manejo.
- No requiere consumo de energía.
- Sólo requiere de prácticas agronómicas convencionales.
- Es poco perjudicial para el ambiente.
- Actúa positivamente sobre el suelo, mejorando sus propiedades físicas y químicas, debido a la formación de una cubierta vegetal.
- Tiene una alta probabilidad de ser aceptada por el público, ya que es estéticamente agradable.
- Evita la excavación y el tráfico pesado.
- Se puede emplear en agua, suelo, aire y sedimentos.
- Permite el reciclado de recursos (agua, biomasa, metales).

Desventajas

Según Betancur, Mazo & Mendoza³⁰, las desventajas más representativas de esta fitotecnología, es que esta basa su principio, en que el contaminante emplea el ciclo natural de plantas y por lo tanto toma tiempo. Otra de sus limitantes se basa en que

²⁹ DELGADILLO LÓPEZ, Angélica Evelin and GONZÁLEZ RAMÍREZ, César Abelardo. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 14 (2011): 597- 612. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 2011, **14**, 597-612. ISSN 1870-0462.

³⁰ AGUDELO BETANCUR, Lina Marcela, MACIAS MAZO, Karina, and SUÁREZ MENDOZA, José Alfredo. Fitorremediación: la alternativa para absorber metales pesados de los biosólidos. *Revista Lasallista de Investigación*. 2005, **2**(1), 57-60. ISSN 17944449.

la técnica es más eficiente cuando los contaminantes están al alcance de las raíces de las plantas, típicamente de tres a seis pies de profundidad para las plantas herbáceas y 10 a 15 pies para los árboles. Se convierte en peligrosa cuando algunas plantas absorben muchos metales venenosos, lo que implica un riesgo potencial a la cadena alimenticia en el ecosistema.

Por último algunas de las especies de plantas utilizadas en la fitorremediación, (principalmente las especies acuáticas) pueden provocar invasiones biológicas, debido a su alta capacidad de adaptación al ambiente en donde se introducen y su rápido crecimiento. Sin medidas de control, estas especies pueden fugarse y establecerse en ecosistemas en donde no se encontraban antes y suplantar a aquellas plantas originarias de los ecosistemas, lo que pone en peligro a la biodiversidad existente en esos sitios³¹.

5.1.4.2 Características morfofisiológicas de vegetales utilizados en fitorremediación.

Según Carrillo, Andrade, Hernández y Cobos³², se han detectado más de 400 especies de plantas que pueden ser usadas para este fin, y para algunas de ellas ha sido demostrado experimentalmente, y en aplicación directa, que son muy eficaces. Esto es debido a su tolerancia y capacidad para almacenar grandes cantidades de contaminantes en sus tejidos. 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 de metal a remover³³.

³¹ CARRILLO NIQUETE, Gerardo, ANDRADE, José Luis, HERNANDEZ TERRONES Laura and COBOS GASCA, Víctor. La fitorremediación: una opción limpia para un problema sucio! 2015, 22-27.

³² Ibid p.22-27.

³³ NÚÑEZ LOPÉZ, Roberto Aurelio, MEAS VONG, Yunny, ORTEGA BORGES, Raúl and OLGUIN, Eugenia. Fitorremediación: fundamentos y aplicaciones. *Ciencia. Revista de la Academia Mexicana*. 2004, 69-83.

Las plantas que sean utilizadas para los procesos de fitorremediación no deben ser comestibles, por motivos de seguridad. Existen plantas que se cultivan para el consumo humano que poseen la capacidad de captar contaminantes, como el apio, la lechuga, el brócoli, maíz, girasol y el repollo, que pueden acumular metales como el plomo, cadmio, arsénico, y mercurio³⁴.

Las plantas involucradas en este proceso deben caracterizarse por la capacidad de crecer aceleradamente en periodos de tiempo cortos. Esto se relaciona con la productividad de la planta, y la capacidad de acumular biomasa por unidad de tiempo y área. Generalmente, depende del ciclo de vida de la planta, por lo que el crecimiento de la planta está directamente relacionado con su habilidad para acumular y tolerar el contaminante a tratar³⁵.

Muchas plantas pueden crecer en suelos o agua que contienen elevadas concentraciones de ciertos iones metálicos, lo que indica que están de alguna forma adaptadas a estas condiciones particulares. Las plantas pueden evitar los efectos tóxicos colonizando las áreas donde la concentración toxica sea menor o mediante de exclusión o absorción selectiva³⁶.

5.1.4.3 Plantas hiperacumuladoras.

El concepto de planta hiperacumuladora fue establecido por R.R. Brooks y sus colaboradores en 1977, quienes fueron los pioneros en el estudio de plantas que pueden acumular metales. Una definición propone que si una planta contiene más

³⁴ MIRANDA, Diego, CARRANZA, Carlos, ROJAS, Carlos Andres, JEREZ, Carlos Martín, FISCHER, Gerhard, ZURITA, Jorge. *Acumulación de metales pesados en suelo y plantas de cuatro cultivos hortícolas, regados con agua del río Bogotá*. 2008, **2**(revista colombiana de ciencias hortícolas), 180-191.

³⁵ CARRILLO NIQUETE, Gerardo, ANDRADE, José Luis, HERNANDEZ TERRONES Laura and COBOS GASCA, Victor. La fitorremediación: una opción limpia para un problema sucio! 2015, 22-27.

³⁶ Ibid. p.180-191.

de 0.1% de Ni, Co, Cu, Cr, Pb o el 1% de zin en sus hojas sobre una base del peso seco, esta puede ser llamada una *hiperacumuladora*, independientemente de la concentración del metal en el suelo (Robinson *et al*, 2003) (Chaney *et al*, 2000) (Chaney *et al*, 1997) (Peters *et al*, 1994) (Baker *et al*, 1989) (Chaney, 1983) (Brooks *et al*, 1979) citados por³⁷. La idea de usar plantas para extraer metales de suelos contaminados fue reintroducida y desarrollada por Chaney en el año de 1983, y el primer ensayo en el campo de fitoextracción fue conducido en 1991³⁸.

A lo largo de los últimos años, se han realizado esfuerzos muy significativos tratando de identificar especies hiperacumuladoras, así como los mecanismos mediante los cuales las plantas son capaces de acumular esas cantidades tan extraordinarias de contaminantes en sus tejidos³⁹.

Se han identificado alrededor de 415 especies de plantas hiperacumuladoras distribuidas en 45 familias botánicas con capacidad para acumular selectivamente alguna sustancia⁴⁰. Algunas de las familias a las que pertenecen las plantas hiperacumuladoras son las: *Astereceae*, *Aceráceae*, *Poaceae*, *Bressicaceae*, *Betulaceae*, *Convolvulaceae*, *Cypereceae*, *Fabeceae*, *Malvaceae* y *Oleaceae*, *Euphorbiaceae*, *Buxaceae*, *Acanthaceae*, *Ochnaceae*, *Clusiaceae*, *Tiliaceae*, *Turmeraceae*, *Boraginaceae*, *Scrophulariaceae* y *Violaceae*⁴¹.

³⁷ PINEDA HERNÁNDEZ, Rosario. *Presencia de hongos micorrízicos arbusculares y contribución de Glomus intraradices en la absorción y translocación de cinc y cobre en girasol (Helianthus annuus L.) crecido en un suelo contaminado con residuos de mina*. B.m., 2004. b.n.

³⁸ Ibid.

³⁹ DE LA ROSA, Maria Guadalupe. Fitorremediación. <http://quimica.ugto.mx/revista>. 2006, **1**(2), 28-33.

⁴⁰ MARRERO COTO, Jeannette, AMORES SÁNCHEZ Isis and COTO PÉREZ Orquídea. Fitorremediación, una tecnología que involucra a plantas y microorganismos en el saneamiento ambiental. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar* [en línea]. 2012, **46**(3), 52-71. ISSN 0138-6204. Disponible en: doi:ISSN: 0138-6204

⁴¹ PINEDA HERNÁNDEZ, Rosario. *Presencia de hongos micorrízicos arbusculares y contribución de Glomus intraradices en la absorción y translocación de cinc y cobre en girasol (Helianthus annuus L.) crecido en un suelo contaminado con residuos de mina*. B.m., 2004. b.n.

Las investigaciones relacionadas con las plantas hiperacumuladoras, requieren trabajo conjunto con diferentes áreas de la ciencia y la tecnología tales como: botánica, fisiología vegetal, agronomía, química, biología y genética enfocadas a mejorar los conocimientos y la eficacia de las plantas para la protección ambiental⁴².

Las plantas que pueden crecer y desarrollarse en suelos con altas concentraciones de metales pesados pertenecen a una flora especializada, que colonizan suelos con altos contenidos de metales naturales o contaminados por la actividad antrópica, como la actividad minera. Las hiperacumuladoras son especies capaces de acumular metales a niveles de 100 mayores que aquellos típicamente medidos en retoños de plantas no acumuladoras o comunes⁴³.

Para Llugany, Tolrà, Poschnrieder y Barceló ⁴⁴, la capacidad que presentan las plantas de sobrevivir y crecer en suelos contaminados, acumulando gran cantidad de metales convierte a las hiperacumuladoras en organismos muy indicados para la fitoextracción.

La hiperacumulación en las plantas implica la existencia de mecanismos internos de detoxificación de los iones metálicos libres para evitar que puedan causar daño oxidativo a las células. La planta puede protegerse formando complejos metálicos estables menos tóxicos con quelantes (como fitoquelatinas, ácidos orgánicos, aminoácidos o fenoles de tipo flavonoides) y/o secuestrando los metales desde zonas con un metabolismo activo (citoplasma) hacia el interior de vacuolas o en la

⁴² DE LA ROSA, Maria Guadalupe. Fitorremediación. <http://quimica.ugto.mx/revista>. 2006, **1**(2), 28-33.

⁴³ MARRERO COTO, Jeannette, AMORES SÁNCHEZ Isis and COTO PÉREZ Orquídea. Fitorremediación, una tecnología que involucra a plantas y microorganismos en el saneamiento ambiental. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar* [en línea]. 2012, **46**(3), 52-71. ISSN 0138-6204. Disponible en: doi:ISSN: 0138-6204.

⁴⁴ LLUGANY OLLÉ, Mercè, TOLRÀ PÉREZ, Roser, POSCHENRIEDER WIENS, Charlotte and BARCELÓ COLL, Joan. Hiperacumulación de metales: ¿ una ventaja para la planta y para el hombre? *Ecosistemas* [en línea]. 2007, **16**(2), 4-9. ISSN 1697-2473. Disponible en: doi:10.7818/re.2014.16-2.00

pared celular, dónde no puedan ocasionar efectos adversos (Krämer *et al.*, 1996; Tolrà *et al.*, 1996; Barceló *et al.*, 2002; Schat *et al.*, 2002; Vázquez *et al.*, 2006) citados por Llugany⁴⁵.

5.1.5. La fitorremediación y la educación.

La educación ambiental en Colombia, es un proceso que le debe permitir a cada individuo un entendimiento, sobre las dimensiones y prioridades con respecto al medio ambiente, para la aplicación de conocimientos, que conlleven a reflexionar y actuar en pro de la realidad social, política, económica, cultural y ambiental de su entorno, buscando generar soluciones a través de modelos investigativos adaptados a sus necesidades, fáciles de replicar y mantener.

Sánchez y Gómez⁴⁶ en su documento el Desarrollo de competencias científicas - investigativas en docentes en formación a partir de la fitorremediación de Cromo (VI); buscaban fortalecer las competencias científicas investigativas en 17 docentes en formación del programa de Licenciatura en química de la Universidad Pedagógica Nacional, este se ejecutó a través de la investigación en el aula como una estrategia didáctica desde el enfoque de aprendizaje por investigación, a partir de diferentes situaciones, la fitorremediación se implementó como una posible solución de la contaminación por Cromo (VI) en cuerpos de agua a causa de las curtiembres.

En Venezuela, se realizó el trabajo de grado programa de capacitación para el mantenimiento hídrico y nutritivo de los suelos, por medio del uso del pasto vetiver;

⁴⁵ LLUGANY OLLÉ, Mercè, TOLRÀ PÉREZ, Roser, POSCHENRIEDER WIENS, Charlotte and BARCELÓ COLL, Joan. Hiperacumulación de metales : ¿ una ventaja para la planta y para el hombre? *Ecosistemas* [en línea]. 2007, **16**(2), 4-9. ISSN 1697-2473. Disponible en: doi:10.7818/re.2014.16-2.00

⁴⁶ SÁNCHEZ GARCÍA, Jenny Andrea and GÓMEZ AGUILAR, Dora Luz. Desarrollo de competencias científicas - investigativas en docentes en formación a partir de la fitorremediación de Cromo (VI). sin fecha, (Universidad Pedagógica Nacional).

este proyecto propone un programa de capacitación por medio del uso del S.V, dirigido a los docentes coordinadores del programa todas las manos a la siembra, lo que permitió el mejoramiento de la calidad educativa⁴⁷.

La educación es una sola; solo cambia el objetivo que se quiere alcanzar con ella o el canal por el que se trasmite: las escuelas, los talleres comunales o los medios de comunicación. Esto lo que hace, es que se le aplique un adjetivo u otro: ambiental, para la salud, formal, no formal o informal⁴⁸.

Los objetivos de la educación ambiental pueden ser clasificados en tres grupos ⁴⁹:

Los cognitivos: para el desarrollo de conceptos, la formación de hábitos y habilidades relacionadas con la educación ambiental⁵⁰.

Los afectivos: dirigidos a la formación de intereses, valores, sentimientos y actitudes que permitan la toma de conciencia sobre el cuidado y protección del medio ambiente en general y de los problemas conexos, y a mostrarse sensibles antes ellos; fomentando en las personas y grupos sociales la adquisición de valores sociales, de una ética ambiental, pública y nacional, respecto a los procesos ecológicos y a la calidad de vida⁵¹.

⁴⁷ LUNA SUÁREZ, Karina Marbel, LOVERA ZACARÍAS, Marielinis José and VILORIA QUINTANA, Yusbeli Yohana. PROGRAMA DE CAPACITACIÓN PARA EL MANTENIMIENTO HÍDRICO Y NUTRITIVO DE LOS SUELOS, POR MEDIO DEL USO DEL PASTO VETIVER. 2016, 1-80.

⁴⁸ CICH. Una Estrategia Integral de Educación y Comunicación Ambiental para la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá. 2004, 1-70.

⁴⁹ CALERO DE LA PAZ, Geisha and PUENTES PÉREZ, Adelaida Benita . tratamiento de la educación ambiental mediante acciones educativas, un camino hacia el desarrollo sostenible. sin fecha.

⁵⁰ Ibid.

⁵¹ Ibid.

De acción: aumentando la capacidad de evaluación de las medidas y programas ambientales, y fomentando la participación, de forma que se desarrolle el sentido de la responsabilidad ambiental⁵².

La educación ambiental no solo comprende la capacitación de los diferentes actores en conocimientos de ecología y técnicas para el manejo de los recursos naturales, sino, sobre todo, la creación de personas promotoras del desarrollo sostenible.

Toda aquella acción educativa que permita transferir nuevas prácticas encaminadas a la conservación de los recursos naturales y la biodiversidad será parte de la educación y permitirá adaptar cualquier modelo de gestión ambiental en un modelo pedagógico, desde que se cumplan los objetivos planteados⁵³.

5.1.6. Vetiver

Vetiver se reclasificó como *Chrysopogon zizanioides*, Roberty L, antes *Vetiveria zizanioides*, Nash L⁵⁴, es una planta perenne, nativa de Asia tropical (India, Sri Lanka y Malasia),⁵⁵ en la India se han reconocido dos especies, *Chrysopogon zizanioides* y *Chrysopogon lawsonii*⁵⁶.

En Tailandia se han reconocido dos especies de vetiver, *Nemoralis Chrysopogon* (Balansa) Holttum y *Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty. Ambas especies están

⁵² CALERO DE LA PAZ, Geisha and PUENTES PÉREZ, Adelaida Benita . tratamiento de la educación ambiental mediante acciones educativas, un camino hacia el desarrollo sostenible. sin fecha.

⁵³ CICH. Una Estrategia Integral de Educación y Comunicación Ambiental para la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá. 2004, 1-70.

⁵⁴ BARNARD, S., V. DIEDERICKS y K. R. CONRADIE. Genetic diversity of vetiver isolates (*Chrysopogon zizanioides/nigritanus*) available in South Africa based on ITS, ndhF and rbcL sequencing analyses. *South African Journal of Botany* [en línea]. 2013, **86**, 63-67. ISSN 02546299. Disponible en: doi:10.1016/j.sajb.2013.02.005

⁵⁵ RODRIGUEZ, Aliana, ROBOLLEÑO, Carmen and ESCALONA, Yordanis. El uso el cultivo vetiver (*chrysopogon zizanioides*), una alternativa para el desarrollo sostenible. 2015, **36**(Revista digital de Medio Ambiente « Ojeando la agenda »), 23-40.

⁵⁶ LACERDA COBRA, Rafael, VILELA DE ANDRADE PINTO, Lilian, SOUZA, Rafael Xavier, MOTTA PEREIRA, Michender Werison and PEREIRA, Ademir José. Resistência à penetração do solo de uma encosta: efeitos de espaçamento de plantio e idade da gramínea Vetiver. *Revista Agrogeoambiental*. 2012, **4**(2). ISSN 2316-1817.

ampliamente diseminadas en todas las regiones, encontrándose una cantidad significativa de ecotipos que han sido nombrados de acuerdo a la provincia donde se encuentran. Para la identificación y correcta clasificación de estos ecotipos el Departamento de Desarrollo de la Tierra de Tailandia, llevo a cabo un estudio comparativo de 28 ecotipos de vetiver, donde se mostró que 11 son de *Chrysopogon nemoralis* y los restantes son de *Chrysopogon zizanioides*⁵⁷.

El Vetiver, *Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty es una planta perenne perteneciente a la familia Poaceae, que se caracteriza por tener una amplia adaptación a diferentes condiciones ambientales sin afectar sus funciones, por lo tanto se puede comportar como una planta xerófita y a la vez se puede adaptar a prolongados periodos de tiempo bajo condiciones de inundación (hidrófita); características que le permiten tolerar suelos con rangos de Ph de 3-12, se ha evidenciado que presenta un buen crecimiento en un rango de temperaturas de 12°C-45°C lo que le permite desarrollarse desde los 0–2600 m.s.n.m⁵⁸.

La gran capacidad de adaptación y tolerancia que posee el vetiver se debe a sus características morfológicas, fisiológicas y ecológicas, que le permiten crecer en ambientes adversos, factores que hacen que esta planta sea excepcional dentro de las Poaceae, por sus características únicas. El Vetiver se ha extendido desde su centro de origen, como lo demuestran los resultados de numerosos ensayos y aplicaciones en países como Puerto Rico, Estados Unidos, Tailandia, India, Ecuador, Brasil, Indonesia, España, Madagascar, el Congo, Bangladesh, Italia, Vitnan, China, Venezuela, Argentina, México, Perú y Colombia, evidenciando la utilidad de cultivar esta planta para diversos procesos encaminados a la conservación del suelo y el agua, usos en fitorremediación, bioingeniería, forrajes, agroforestería, medicinal, artesanía, energía y cosmético. Estas iniciativas

⁵⁷ ROONGTANAKIAT N., OSOTSAPAR Y., Yindiram C. Influence of heavy metals and soil amendments on vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) grown in zinc mine soil. *Kasetsart J.(Nat. Sci.)*. 2009.

⁵⁸ Ibid.

ambientales fortalecen los conocimientos aportados por la investigación en el ámbito global, regional y local. (Truong, 2004; Greenfield, 2013; Nanakorn *et al.*, 2015; Ndonga, 2015; Shariful, 2015; Tanapon *et al.*, 2015; Xu y Huang, 2015) citado por Rodriguez⁵⁹.

El vetiver, también conocido como hierba de olor, posee un sistema radicular abundante, esponjoso y aromático, de color marrón oscuro y duro⁶⁰, se usa para producir aceite esencial a partir de sus raíces, en la perfumería, cosméticos y las industrias conexas. La composición y la cantidad de aceite esencial producido puede variar en función de la comunidad microbiana asociada a sus raíces⁶¹.

5.1.6.1 Características morfológicas del Vetiver

El Vetiver tiene características especiales debido a que es una planta de metabolismo C4 que posee un alto régimen fotosintético en condiciones de alta intensidad de luz y altas temperaturas, debido a que se incrementa la eficiencia del ciclo de la reducción fotosintética del carbono, lo que la hace que sea muy eficaz en la remoción de la atmosfera de CO₂ contribuyendo con fines de protección ambiental de acuerdo al protocolo de Kyoto.

⁵⁹ RODRIGUEZ, Aliana, ROBOLLEÑO, Carmen and ESCALONA, Yordanis. El uso el cultivo vetiver (chrysopogon zizanioides), una alternativa para el desarrollo sostenible. 2015, **36**(Revista digital de Medio Ambiente « Ojeando la agenda »), 23-40.

⁶⁰ LACERDA COBRA, Rafael, VILELA DE ANDRADE PINTO, Lilian, SOUZA, Rafael Xavier, MOTTA PEREIRA, Michender Werison and PEREIRA, Ademir José. Resistência à penetração do solo de uma encosta: efeitos de espaçamento de plantio e idade da gramínea Vetiver. *Revista Agrogeoambiental*. 2012, **4**(2). ISSN 2316-1817.

⁶¹ MONTEIRO, Juliana, VOLLÚ, Renata, REED RODRIGUEZ COELHO, Marcia, FONSECA, Adriano, COSTA GOMES NETO, Sérgio and SELDIN, Lucy. Bacterial communities within the rhizosphere and roots of vetiver (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty) sampled at different growth stages. *European Journal of Soil Biology* [en línea]. 2011, **47**(4), 236-242. ISSN 11645563. Disponible en: doi:10.1016/j.ejsobi.2011.05.006

5.1.6.1.1 Sistema radicular

Según Troung y Thai (2015)⁶², el Vetiver posee un intrincado sistema de raíces que es abundante, complejo, extenso y finamente estructurado lo que lo hace único. No se ha encontrado otra planta con raíces similares a las del vetiver, la planta puede alcanzar de 3 a 4 metros de profundidad radical durante el primer año de la plantación y alcanza adquirir un largo total de 7 metros después de 36 meses⁶³. El crecimiento vertical de las raíces del Vetiver alcanza hasta 3 cm por día a una temperatura del suelo de 25°C. A una menor temperatura (13°C), se detecta crecimiento en las raíces, demostrando que el Vetiver todavía no entra en latencia a esa temperatura.

La planta de vetiver no presenta rizoma radicular o haces enraizados, por lo que crece en grandes macollos a partir de una masa radicular muy ramificada y esponjosa, lo que le permite tener una resistencia a la tensión de 75MPa = 765kg/cm² equivalente a 1/6 del acero blando⁶⁴.

5.1.6.1.2 Sistema caulinar.

Según Troung y Thai (2015)⁶⁵, El Vetiver tiene una estructura de hojas y retoños poco común. A diferencia de otros pastos, el Vetiver tiene una hoja en forma de V con una vena central prominente, que controla la apertura y el cierre de la hoja. Bajo condiciones de humedad o encharcamiento, las hojas se abren permitiendo una

⁶² TROUNG, PAUL and THAI, Luu. Vetiver system for improving water quality (Spanish). *Journal of Chemical Information and Modeling* [en línea]. 2015, **53**(Segunda Edición), 1689-1699. ISSN 1098-6596. Disponible en: doi:10.1017/CBO9781107415324.004

⁶³ LAVANIA, U C. Other Uses , and Utilization of Vetiver : Vetiver Oil. 2003, 486-491.

⁶⁴ RODRIGUEZ Aliana, ROBOLLEÑO Carmen and ESCALONA, Yordanis. El uso el cultivo vetiver (chrysopogon zizanioides), una alternativa para el desarrollo sostenible. 2015, **36**(Revista digital de Medio Ambiente « Ojeando la agenda »), 23-40.

⁶⁵ Ibid.2015

mayor transpiración. Liao⁶⁶ descubrió que las hojas de Vetiver que crecen en los humedales son más delgadas y la densidad de los estomas aumenta; pero en condiciones de sequía, las hojas se cierran reduciendo la transpiración para conservar la humedad. Los brotes rectos y rígidos forman una cubierta densa en forma de embudo con hojas a una inclinación de entre 45° y 135°, no llanas u horizontales, alcanzan una altura de 0.5 a 1.5 m y hasta 3 metros en condiciones favorables. Esta arquitectura de los brotes permite una mayor incidencia de rayos solares en las hojas individuales lo que implica que hay una mayor superficie de hojas expuestas al sol para aumentar la actividad fotosintética, lo que permite un mayor crecimiento en periodos de tiempo más cortos en comparación con otras plantas.

Se propaga de manera asexual, es decir, sus semillas no son fértiles, y por ende no hay riesgo de que se convierta en maleza. Un estudio realizado en Australia durante 8 años indicó que el Vetiver es estéril bajo diversas condiciones de cultivo. Pacific Island Ecosystems at Risk, realizó una evaluación estricta para definir el potencial de invasividad del Vetiver, de acuerdo al estudio lo clasificaron como de bajo riesgo, con una calificación de -8.⁶⁷

5.1.6.2 Sistema vetiver

El vetiver tiene un sistema radicular bien desarrollado útil para la conservación del suelo / agua y tratamiento de aguas residuales. Además, se considera un buen candidato para la fito-remediación. Se eliminan muchos metales pesados como el manganeso (Mn), hierro (Fe), zinc (Zn), cobre (Cu) de aguas residuales industriales

⁶⁶ LIAO, Xindi, LUO, Shiming, WU, Yinbao and WANG, Zhisun. Studies on the Abilities of Vetiveria zizanioides and Cyperus alternifolius for Pig Farm Wastewater Treatment *. 2003, 6-9.

⁶⁷ TROUNG, Paul and THAI, Luu. Vetiver system for improving water quality (Spanish). *Journal of Chemical Information and Modeling* [en línea]. 2015, **53**(Segunda Edición), 1689-1699. ISSN 1098-6596. Disponible en: doi:10.1017/CBO9781107415324.004

suelos contaminados⁶⁸. Tiene la capacidad de eliminación de arsénico (As) desde el suelo y elimina el cromo (Cr) de agua en el post-tratamiento de aguas residuales⁶⁹

Entre otros atributos que posee el pasto vetiver se encuentran los siguientes según lo describe Truong, Arteaga, Garcés, Guridis y Pino⁷⁰, en su documento el sistema vetiver para prevención y tratamiento de aguas y tierras contaminadas:

- El S.V tiene la capacidad de reducir o eliminar aguas residuales por medida de: control de infiltración, riego de tierras, y humedales. Aplicaciones exitosas de tratamiento incluyen:
 - Las aguas residuales (domésticas y municipales), efluentes y lixiviados de vertedero.
 - Reciclaje de aguas residuales industriales y la eliminación.
 - Filtraciones de actividades industriales y de minería.

- El SV puede mejorar la calidad de las aguas residuales a través de:
 - atrapar escombros, sedimentos y partículas,
 - la absorción de contaminantes como nutrientes y metales pesados,
 - la desintoxicación de agroquímicos en los humedales.

- El éxito en las aplicaciones incluye el mejoramiento de la calidad de aguas residuales procedente de:
 - Agua de escorrentía de las tierras agrícolas.
 - Agua de escorrentía de las tierras urbanas.

⁶⁸ DANH, L., TRUONG, P., MAMMUCARI, R., FOSTER, N. Extraction of vetiver essential oil by ethanol-modified supercritical carbon dioxide. *Chemical Engineering Journal*. 2010, **165**(1), 26-34.

⁶⁹ SINGH R., NARZARY D., BHARDWAJ J., SINGH A., Kumar S. Molecular diversity and SSR transferability studies in Vetiver grass (*Vetiveria zizanioides* L. Nash). *Industrial Crops and Products*. 2014, **53**(187-198).

⁷⁰ Truong, Paul, ARTEAGA, Mayra, GARCÉS, Nelson, GURIDIS, Fernando and PINO, José. Una revisión sobre indicadores integradores para evaluar el impacto de las sustancias húmicas sobre el sistema suelo-agua de lixiviación (I). *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*. 2014, **23**(3), 83-88.

La capacidad de las plantas para tolerar los contaminantes y seguir creciendo es un factor importante en la elección de las plantas para tratamiento de agua. El pasto vetiver es una planta de rápido crecimiento con un sistema de raíces masivo y complejo que le permite absorber 2,4,6-trinitrotolueno⁷¹, además cuenta con un alto potencial para la absorción de fenoles e hidrocarburos de petróleo⁷². Otros estudios evidencian la capacidad del pasto vetiver para acumular y eliminar metales pesados como el plomo, cadmio, cobre, zinc y arsénico, convirtiéndose en una planta con potencial en los procesos de fitorremediación⁷³.

5.1.6.3 Antecedentes del sistema vetiver en procesos de fitorremediación.

En la tabla 2. Se muestra un resumen de algunas de las experiencias que se han tenido con la implementación del sistema vetiver como agente fitorremediador.

Tabla 2. Experiencias con el sistema vetiver en la fitorremediación.

País	Tratamiento
Australia	En el año 1996 se implementó el sistema vetiver para el tratamiento de una descarga de drenaje de un conjunto de sanitarios en un parque.
Indonesia.	Uso del pasto Vetiver para el tratamiento de aguas residuales domésticas.
Estados Unidos	Deshecho de lixiviados de relleno sanitario en Estados Unidos; utilizando el Vetiver en el relleno sanitario Republic Services Gulf Pines, cerca Mississippi.
Chile	Uso de fitorremediación de Vetiver para atender el agua contaminada por boro y por la agricultura en Chile.
France	Conjugación de Atrazina en vetiver (<i>Chrysopogon zizanioides</i> Nash) cultivado en cultivos hidropónicos.
Colombia, Chocó.	Desarrollo de un protocolo para la rizofiltración de efluentes contaminados con mercurio mediante la aplicación de filtros vegetales con la especie vetiver (<i>Vetiveria zizainodes</i>).
Colombia	Modelo de computación para el tratamiento de volúmenes pequeños de aguas residuales.
Venezuela.	Uso del vetiver para la fitorremediación de cromo en lodos residuales de una tenería.

⁷¹ KHIARI Z., MAKRIS D and KEFALAS P. An investigation on the recovery of antioxidant phenolics from onion solid wastes employing water/ethanol-based solvent systems. *Food and Bioprocess Technology*. 2009, **2**(4), 337-343.

⁷² YE, M., SUN, M., LIU, Z., NI, N., CHEN, Y., GU, C. Evaluation of enhanced soil washing process and phytoremediation with maize oil, carboxymethyl- β -cyclodextrin, and vetiver grass for the recovery of organochlorine pesticides and heavy metals from a pesticide factory site. *Journal of environmental management*. 2014, **141**, 161-168.

⁷³ SINGHAKANT C, KOOTTATEP T, Satayavivad J. Enhanced arsenic removals through plant interactions in subsurface-flow constructed wetlands. *J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng*. 2009.

Venezuela	Programa de capacitación para el mantenimiento hídrico y nutritivo de los suelos, por medio del uso del pasto vetiver.
-----------	--

Fuente: tomado y adaptado del sistema vetiver para mejorar la calidad del agua Troung *et al*, 2015).

De acuerdo con Rodríguez⁷⁴, en su documento *el uso del cultivo vetiver, una alternativa para el desarrollo sostenible*, ellos concluyen que el cultivo se convierte en una opción viable para favorecer la gestión del desarrollo sostenible en las comunidades, ya que esta planta puede ser utilizada para la protección o solución de problemas ambientales, que inciden directamente en la calidad de vida de las comunidades. Los beneficios que se obtienen de este sistema responden a los principios de la sostenibilidad del Centro de Tecnología Ambiental Internacional del Programa Ambiental de las Naciones Unidas (2002) pues constituye una alternativa no contaminante que disminuye o previene problemas como la contaminación de aguas y suelos, la erosión entre otros que ponen en riesgo a la especie humana y puede impactar positivamente, directa o indirectamente en la pobreza rural.

Por lo relacionado en este artículo se evidencia que el vetiver como un sistema se puede transformar en una herramienta pedagógica en educación ambiental que beneficie el desarrollo de las comunidades donde se establezcan estos proyectos.

Las investigaciones que se han realizado en los últimos 20 años del sistema vetiver y de la eficiencia que este tiene en las comunidades y en los ecosistemas como agente fitorremediador, además de convertirse en una herramienta para afrontar el cambio climático, permite involucrar procesos pedagógicos desde el marco conceptual de la Educación Ambiental. El SV permite que los actores involucrados interactúen con los problemas de su realidad, para tomar partido, buscar alternativas y comprometerse en la ejecución de las acciones que logren solucionar sus problemas ambientales más cercanos. Generando conocimiento que se construye

⁷⁴ RODRIGUEZ, Aliana, ROBOLLEÑO, Carmen, ESCALONA, Yordanis. El uso el cultivo vetiver (*chrysopogon zizanioides*), una alternativa para el desarrollo sostenible. 2015, **36**(Revista digital de Medio Ambiente « Ojeando la agenda »), 23-40.

a partir del interés de las comunidades mediante la capacitación para la participación y la transformación⁷⁵.

5.1.6.4 Las ecotecnologías y el sistema vetiver.

Las ecotecnologías están basadas en modelos de desarrollo ambiental que permiten reformular la manera en que la tecnología se diseña, crea, disemina, adopta e integra a largo plazo en la sociedad; esta debe contribuir a la reducción de la pobreza y de la vulnerabilidad de las poblaciones asentadas en las áreas rurales, permitiendo cumplir con criterios ambientales, sociales y económicos, como los siguientes⁷⁶:

- Ser accesibles, especialmente para los sectores más pobres de la sociedad y las áreas rurales.
- Estar enfocadas a las necesidades y contextos locales.
- Ser amigables con el ambiente, promoviendo el uso eficiente de recursos, el reciclado y el re-uso de los productos.
- Promover el uso de recursos locales, manteniéndolos y mitigando los procesos de degradación.
- Generar empleo en las economías regionales, especialmente en las áreas rurales, de las que la población ha tenido que migrar por falta de oportunidades.
- Ser producidas preferentemente a pequeña escala y de forma descentralizada, pero con bases científicas que permitan su replicación en áreas más extensas de donde se estén trabajando.
- Ser diseñadas, adaptadas y difundidas mediante procesos participativos, con diálogo entre los saberes locales y los científicos (esto es clave en el

⁷⁵ LEDEZMA OCHOA, Alejandra and REYES GIL, Rosa. Programa de Educación Ambiental: herramientas para la sustentabilidad agroambiental Environmental Education Program: tools for agrienvironmental sustainabilit. 2014, **38**, 201-214.

⁷⁶ ORTIZ, Jorge Adrian, MASERA, Omar Raul and FUENTES, Alfredo Fernando. *La ecotecnología*. 2014. ISBN 9786078389032.

contexto campesino e indígena, donde las poblaciones locales cuentan con acervos muy valiosos de conocimiento).

- El bajo costo de establecimiento, producción y mantenimiento.
- El empoderamiento de los usuarios.

El SV como ecotecnología para el sector rural, permite abordar alternativas como cultivo productivo sostenible, barreras vivas, aprovechamiento de energía, manejo de aguas residuales de uso doméstico, agrícola, pecuario, industrial, lixiviados de manejo de residuos, como agente fitorremediador de aguas y suelo, la conservación del suelo y el agua, estabilización de áreas vulnerables a las remociones en masa, medicinal, artesanía, aceites y perfumearía.

Un ejemplo de la ecotecnología con el sistema vetiver es la construcción de humedales artificiales, para el tratamiento de aguas residuales de uso doméstico, en la parte superficial del humedal se establecen el vetiver este actúa purificando el agua para el reúso, o si las normas ambientales, no lo permiten, estas plantas son capaces de absorber la totalidad del agua dispuesta en estas áreas.

5.1.7. El agua.

El agua es un compuesto con características únicas, de gran valor para la vida, el más abundante en la naturaleza y fundamental en los procesos físicos, químicos y biológicos de los ecosistemas. El agua es fuente y motor de vida en el planeta, cerca de un 75% de la superficie del globo está cubierta por agua; no obstante, menos del 1% es apta para sostener la vida humana, en un planeta con una capacidad ambiental limitada, que está sometido a una gran presión antrópica a causa del crecimiento demográfico y el modelo de desarrollo actual⁷⁷

⁷⁷ AREVALO D., LOZANO J., and SABOGAL J. Estudio nacional de Huella Hídrica Colombia Sector Agrícola. Revista sostenibilidad tecnología y humanismo. *UNESCO*. 2011.

La ubicación geográfica, la variada topografía y el régimen climático que caracterizan a Colombia, permiten que posea una de las mayores ofertas hídricas del planeta. Sin embargo, esta oferta no está distribuida homogéneamente entre las diferentes regiones del país y, además, está sometida a fuertes variaciones que determinan la disponibilidad del recurso hídrico; razones por las cuales en el territorio nacional se presentan desde zonas deficitarias de agua hasta aquéllas con grandes excedentes⁷⁸; existe una mayor demanda en el área hidrográfica de Magdalena – Cauca, donde se encuentran asentados la mayor parte de los colombianos, la cual no cuenta con la mayor disponibilidad de agua; mientras las zonas de la Amazonia y Orinoquia, donde se concentra la mayor disponibilidad de agua del país, cuenta con una población de apenas cerca del 10% de la población nacional⁷⁹.

Según el IDEAM en el informe del estado del medio ambiente y los recursos naturales renovables (2011)⁸⁰ la creciente degradación de las cuencas colombianas por el aumento de la población, la deforestación, pérdida de suelos, contaminación por metales pesados, por cargas orgánicas en diferentes formas, especialmente por basuras y desechos domésticos y la injerencia de la variabilidad climática; produce efectos sobre la capacidad de las mismas de mantener los flujos de agua necesarios para el abastecimiento de los acueductos, sistemas de abastecimiento para el desarrollo económico, preservando la calidad del agua para consumo humano.

Los efectos sobre la salud humana derivados del consumo de agua están íntimamente relacionados con la recuperación y conservación de las cuencas hídricas, la potabilización del agua para consumo humano, el tratamiento de las aguas residuales que se vierten a los ríos, el desarrollo del saneamiento público y las acciones educativas en torno al manejo de este recurso no son acciones

⁷⁸ ORJUELA, Luz Consuelo, SALDARRIAGA, Gabriel, GARCÍA, Martha and WILCHES, Hernando. Calidad Del Agua Superficial En Colombia. *Estudio Nacional del Agua*. 2010, 409.

⁷⁹ Ibid.2011

⁸⁰ IDEAM. Informe del estado del medio ambiente y los recursos naturales renovables 2011. 2011, 120.

aisladas y deben influir en el manejo de las fuentes hídricas en Colombia. Según la Organización Mundial de la Salud, Colombia se ubica a nivel global en el puesto 64 en el indicador de acceso a agua potable⁸¹.

La demanda hídrica, en el Estudio Nacional del Agua, se define como la extracción hídrica del sistema natural destinada a suplir las necesidades o requerimientos del consumo humano, la producción sectorial y las demandas esenciales de los ecosistemas no antrópicos⁸². El sector agrícola usa 16.760,33 millones de m³ equivalentes al 46,6% del total del volumen de agua que se utiliza en el país, el uso para generación de energía participa con el 21,5%, el sector pecuario usa 3.049 millones de m³ con el 8,5% y el uso doméstico con 3.444 m³ que equivale al 9,5%⁸³.

Según el artículo 80 del decreto 2811 de 1974 *sin perjuicio de los derechos privados adquiridos con arreglo a la ley las aguas son de dominio público inalienables e imprescriptibles*.

El agua es un bien económico y social que debe ser distribuido de manera equitativa para satisfacer, las necesidades básicas del ser humano. La importancia de este recurso radica en los servicios ambientales y en el abastecimiento de esta para el uso como agua potable, y en las actividades productivas, como la agricultura y la industria; estas últimas son ejemplos puntuales de extracción de recursos naturales en los procesos cotidianos para la supervivencia del hombre que demandan el uso de grandes cantidades de agua generando escases de esta. Estas presiones, el cambio climático, ponen en riesgo la oferta de servicios ambientales básicos para la actividad humana y el ciclo funcional de los ecosistemas sustentadores de vida⁸⁴.

⁸¹ IDEAM. Informe del estado del medio ambiente y los recursos naturales renovables 2011. 2011, 120.

⁸² IDEAM. IDEAM. *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales*. 2010.

⁸³ Ibid. 2011

⁸⁴ DÍAZ PULIDO, Angélica Paola, MUÑOZ MORENO, Diana Paola and OLAYA GONZÁLEZ Wilmar Rolando. Desarrollo sostenible y el agua como derecho en Colombia Sustainable Development and the Right to Water in Colombia. 2009, **11**(1), 84-116.

El problema que enfrentan las fuentes hídricas no solo está ligado a la cantidad de agua que se consume en el país a través del sector agrícola, industrial, pecuario, doméstico y energético, sino que también obedece a las pérdidas que presentan estos procesos en su ejecución; el tema de los vertimientos es un problema de ordenamiento de los recursos hídricos y, por lo tanto, va mucho más allá del mero control que sobre la calidad de éstos puede ejercer la autoridad ambiental⁸⁵.

5.2 MARCO LEGAL

En Colombia existe la legislación del agua que brinda los lineamientos a nivel nacional para la administración y planificación ambiental del agua.

El decreto 2811 de 1974 en su artículo 134 estipula que el estado debe garantizar la calidad del agua el consumo humano y, en general, para las demás actividades que ameritan su uso. El mismo decreto en su artículo 138 dice que se fijarán zonas en que quede prohibido descargar, sin tratamiento previo, en cantidades y concentraciones que sobrepasen los niveles admisibles, aguas negras o residuales de fuentes industriales o domésticas, urbanas o rurales, en las aguas superficiales o subterráneas, interiores o marinas. También queda prohibida la incorporación a esas aguas, en dichas cantidades y concentraciones, de otros materiales como basuras, desechos, excretos, sustancias tóxicas o radioactivas, gases, productos agroquímicos, detergentes u otros semejantes⁸⁶.

La ley 373 de 1997 establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua. En su artículo 5 esta ley dispone el reúso obligatorio del agua. Las aguas utilizadas, sean éstas de origen superficial, subterráneo o lluvias, en cualquier actividad que genere afluentes líquidos, deberán ser reutilizadas en actividades primarias y

⁸⁵ LONDOÑO PÉREZ, RUBÉN and PARRA MARTÍNEZ, Yanneth. Manejo de vertimientos y desechos en Colombia. Una visión general. *Revista Épsilon* N°. 2007, **9**, 89-104. ISSN 1692-1259.

⁸⁶ Presidencia de la republica 1974

secundarias cuando el proceso técnico y económico así lo ameriten y aconsejen según el análisis socio-económico y las normas de calidad ambiental⁸⁷.

Entre los decretos y leyes más destacados que conglomeran todas las disposiciones de carácter legal acerca del manejo del agua se encuentra el decreto 3930 de octubre de 2010 que establece todas las disposiciones relacionadas con los usos del recurso hídrico, el ordenamiento del recurso hídrico y los vertimientos al recurso hídrico al suelo y a los alcantarillados⁸⁸. En la Resolución 0631 del 17 de marzo del 2015 *Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.*

Todas estas disposiciones legales confluyen a un mismo punto, el cuidado y tratamiento del recurso hídrico y de las aguas servidas en general. Actualmente, gracias a las ecotecnologías estos lineamientos legales pueden ser cumplidos de forma amigable y eficaz aportando soluciones desde la academia para la problemática en cuestión.

⁸⁷ CONGRESO DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA. Ley 373 de 1997. 1997, **1997**(43), 6.

⁸⁸ Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo. Decreto 3990 de 2010. *MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL*. 2010, 29.

6. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL

6.1. Ubicación Geográfica del área de estudio.

El Municipio de Fusagasugá con una población de 135.000 habitantes, se encuentra ubicado en la región Andina del país, al sur occidente del Departamento de Cundinamarca, es cabecera Provincial de la región del Sumapaz, enmarcada topográficamente dentro de dos cerros: el Fusacatán y el Quininí. Desplegada en la parte superior de la altiplanicie de Chinauta en latitud $4^{\circ} 20' 00''$ y longitud $74^{\circ} 21' 00''$. Circundada por excelentes vías de acceso que la comunican con todo el país, especialmente con la ciudad capital de Bogotá por la vía Panamericana⁸⁹, figura 3.



Fuente: Grupo de Cartografía y SIG - Oficina Asesora de Planeación 2010.

Figura 3. Ubicación geográfica de Fusagasugá.

⁸⁹ ALCALDIA DE FUSAGASUGA. Diagnóstico del Municipio de Fusagasugá - Generalidades. *Diagnostico municipio de Fusagasugá* [en línea]. 2010. Disponible en: <http://www.fusagasuga-cundinamarca.gov.co/37594>

Los municipios más cercanos son Arbeláez, Silvania, Pasca y Tibacuy. Fusagasugá hace parte de la cuenca del Río Sumapaz, el cual pertenece al sistema hidrográfico occidental del departamento de Cundinamarca.

La distribución de las principales fuentes hídricas de Fusagasugá:

Se encuentra al occidente del municipio el río Chocho-Panches y al sur los ríos Cuja, Batán y Guavio con sus respectivos afluentes, conforman la parte central de la misma cuenca; sus afluentes bajan casi verticalmente, formando así un drenaje subparalelo, mucho más denso que el dendrítico principal⁹⁰.

El municipio de Fusagasugá está conformado en el sector rural por cinco corregimientos integrados por 36 Veredas que tienen un total de 23.165 habitantes que representan el 20% del total de la población del Municipio, la zona urbana se subdivide en 6 comunas distribuidas en 300 urbanizaciones y 42 barrios, que tienen un total de 90.177 habitantes, lo cual representa el 80% del total de la población⁹¹.

⁹⁰ congreso de la república de Colombia, la ministra de ambiente, el presidente de la república de Colombia y Municipio de Fusagasuga. Diagnóstico del Municipio de Fusagasugá - Generalidades. *Meta*. 2005, 4(January), 61.

⁹¹ Alcaldía Municipal De Fusagasugá Informe De Gestión 2015 Plan De Desarrollo Fusagasugá. 2015.

La vereda Guavio pertenece al corregimiento suroriental de Fusagasugá, el cual cuenta con una extensión total de 59,91 Km², como se muestra en la figura 4. Dos importantes afluentes bordean la vereda, el río Batán (microcuenca) y el río Guavio (subcuenca) los cuales hacen parte activa de las actividades agropecuarias en la región sirviendo en muchos casos como fuentes de captación del recurso hídrico para uso doméstico y agropecuario⁹².

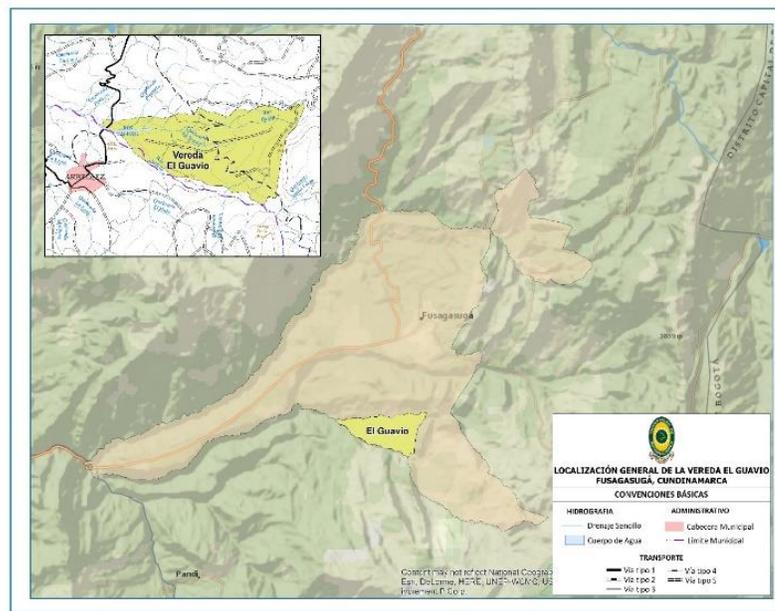


Figura 4. Ubicación geográfica de la vereda Guavio en el municipio de Fusagasugá.

La vereda Guavio como está identificada en la división política del municipio, posee una configuración interna que divide a la vereda en Guavio alto y Bajo, cada uno con su estructura funcional definidas, junta de acción comunal, derechos de captación de agua y acueductos.

⁹² ALCALDIA DE FUSAGASUGA. Diagnóstico del Municipio de Fusagasugá - Generalidades. *Diagnostico municipio de Fusagasugá* [en línea]. 2010. Disponible en: <http://www.fusagasuga-cundinamarca.gov.co/37594>

6.1.1 Sistema físico- biótico de la vereda.

6.1.1.2 Topografía

La zona cuenta con un relieve ondulado cuyas pendientes oscilan entre 3% y 60%, la vereda presenta una cota inferior de 1232 m.s.n.m y una superior de 1662 m.s.n.m donde inicia la vereda.

6.1.1.3 suelos

Grupo Indiferenciado Complejo Humic Eutrudepts – Typic Eutrudepts – Typic Udipsamments. Símbolo MQK. Fases: MQKc, MQKd, MQKdp. Se encuentran entre 1.000 y 2.000 msnm, con clima ambiental medio y húmedo caracterizado por temperaturas entre 18 y 24 °C y precipitaciones promedio anual entre 1.000 y 2.000 mm. 2009. Esta unidad ocupa la posición de glacis coluvial en el paisaje de montaña, con pendientes entre 7 y 25% (relieve ligero a moderadamente quebrado) y pedregosidad superficial en algunos sectores. Estos suelos se han desarrollado a partir de depósitos clásticos hidrogravigénicos, son profundos a moderadamente profundos y bien a excesivamente drenados. La presencia en algunos sectores de piedra y pedregón en superficie, limitan la mecanización y por ende dificulta la explotación agropecuaria de estas tierras según el POT2014⁹³, la mayor proporción de los suelos encontrados en la vereda pertenecen a esta clasificación⁹⁴.

⁹³UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA FACULTAD DE ARTES y CENTRO DE EXTENSIÓN. ACADÉMICA. PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL PARTICIPATIVO MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ. 2014, (7).

⁹⁴ CASTRO MÉNDEZ, Carlos . Edafografía de Fusagasugá. Edaphography. sin fecha, **14**, 161-180.

6.1.2 Aspectos climatológicos

6.1.2.1 Temperatura

La temperatura promedio anual es de 19°C la mínima y la máxima de 26.8°C, la vereda se encuentra ubicada en el piso térmico templado. Las expansiones agrícolas y pecuarias la falta de pertenencia y cultura frente a los recursos naturales renovables han generado la desaparición de bosques nativos de la región y solo quedan relictos de los mismos, generando cambios en la temperatura. El incremento aproximado promedio (percepción histórica de los pobladores) ha sido de 2°C⁹⁵.

6.1.2.2 Precipitación

Se puede distinguir dos periodos de lluvias bien definidos: de marzo a mayo, y de septiembre a noviembre; teniendo una precipitación promedio anual de 1250 mm.

6.1.3 Características bióticas

La vereda se encuentra clasificada en la formación vegetal según Holdridge Bosque húmedo premontano (bh-PM), tierras para el cultivo de café. La cobertura vegetal que más predomina es la caña brava (*Arundo donax*), *Gynerium sagittatum*, dormidera (*Mimosa pudica*), carboneros (*Calliandra haematocephala sp*), sauces (*Salix babylonica*), cajeto (*Trichanthera gigantea*), guásimo (*Guazuma ulmifolia*), ceiba (*Ceiba pentandra*), Balso (*Ochosroma sp*), Nogal Cafetero (*Cordia alliodora*), chicala (*Tecoma stans*)⁹⁶.

⁹⁵ UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA FACULTAD DE ARTES y CENTRO DE EXTENSIÓN. ACADÉMICA. PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL PARTICIPATIVO MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ. 2014, (7).

⁹⁶ ALARCON, Diana and MARTÍNEZ, Damián. Plan Parcial Zona Suburbana No. 3 Diagnóstico 1. sin fecha, (3), 37-155.

Aunque la ampliación de la frontera agrícola ha desplazado muchos de los mamíferos, aun se pueden observar en las zonas rurales del municipio de Fusagasugá especies como el armadillo, el zorro perruno, conejos, ratas, murciélagos, fara o zarigüeya, entre otros. Las aves más comunes son: golondrinas, búhos, gallinazos, gavián cenizo, palomas, mirlas, chirlobirlo, azulejo, cardenal, pechiamarillo, copetón, loritos, colibríes, canarios, cucaracheros, tijeretas, codorniz, carpinteros entre otros⁹⁷.

Los reptiles más representativos son las serpientes conocidas con el nombre de cazadora, coral, falsa coral, cuatro narices, cascabel y talla equis y algunas especies de lagartijas, camaleones e iguanas. Dentro de los batracios se encuentran ranas, anfibios, arborícolas y terrestres y especialmente, cabe mencionar la rana toro, especie introducida altamente voraz que depreda la fauna acuícola y otros pequeños animales, esta última se encuentra en altas poblaciones en el lago de la granja⁹⁸.

La vereda cuenta con un desarrollo de construcción de vivienda, y explotaciones agropecuarias tales como galpones, bovinos, porcinos, cultivos transitorios, café, maíz, pastos de corte, huertas de pan coger, frutales y arbustos.

6.1.4 Caracterización de la granja la Esperanza.

La granja experimental de la universidad de Cundinamarca se encuentra ubicada a 1552 msnm. El área total es de 25.6 ha distribuida en dos lotes: lote 1 se encuentra ubicado todas las construcciones para la actividad pecuaria, zonas de pastoreo,

⁹⁷ ALARCON, Diana and MARTÍNEZ, Damián. Plan Parcial Zona Suburbana No. 3 Diagnóstico 1. sin fecha, (3), 37-155.

⁹⁸ Ibid. 37-155

lotes para el desarrollo académico del área agrícola, el cultivo de café y la zona administrativa; lote 2 se encuentran 5 ha de reserva forestal y áreas de pastoreo.

El lago es un ecosistema artificial que se construyó con el fin de suplir las necesidades hídricas de la granja para su explotación agropecuaria, este cuenta con un área de 5.828,95 m² como se muestra en la figura 5, es abastecido por un nacedero, que se encuentra ubicado en la parte superior, y está protegido por una vegetación de porte medio y bajo; por esta misma zona a unos 150m hacia la parte superior se evidencian vestigios de tres puntos de escorrentía, que se unen en la mitad del recorrido e ingresan por un solo punto al lago.

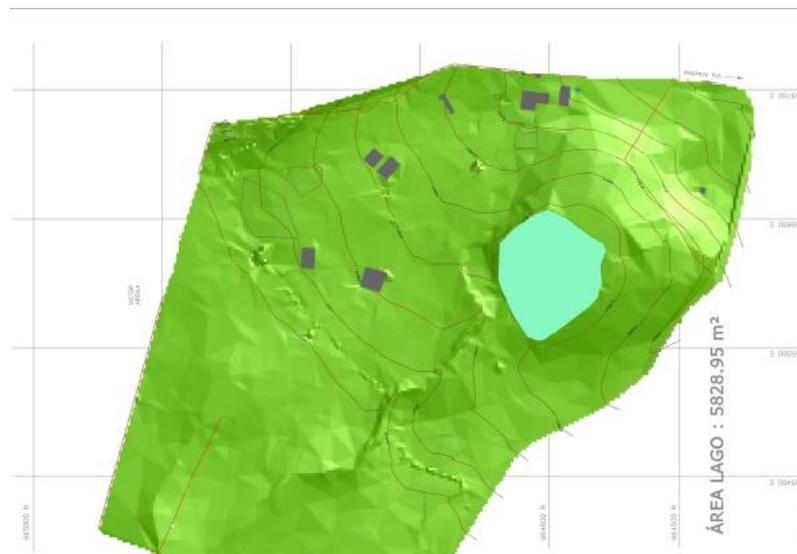


Figura 5. Levantamiento topográfico del lago. (Fuente: Cristian Bustamante, 2015).

El punto de ingreso de agua al lago se encuentra protegido, es decir este sistema cuenta con 20 m lineales con cobertura, en el canal de ingreso del agua se encuentran plantas de bore, el resto del área del lago se encuentra desprovista de vegetación de porte medio o alto; el área circundante de todo el lago se encuentra

con la poaceae pasto estrella, como se observa en la figura 6 figura aérea del reservorio de la granja.



Figura 6. Fotografía aérea de la granja la esperanza, tomada de google maps, 2016.

6.2 METODOLOGÍA

La metodología que se implementó para desarrollar este proyecto se basó en la investigación acción participativa, donde los actores involucrados fueron los operarios de la granja experimental, los estudiantes del grado 11 del colegio Guavio Bajo y la comunidad aledaña.

El proyecto enlazó de manera coherente unos pasos que consistieron en identificar el interés de la comunidad y generar acercamientos que permitieron el desarrollo metodológico de registro, evaluación y planificación de las estrategias aplicadas durante el proceso de la construcción del modelo de gestión ambiental.

La metodología de este proyecto se desarrolló en tres fases que concentran los objetivos específicos para el modelo y se pueden apreciar de forma concreta en la figura 8.

6.2.1 Primera fase

En esta fase se recolectó información a través de encuestas, cartografía social y observación directa, que permitió dilucidar la situación actual del ecosistema cercano al lago de la granja La Esperanza, la comunidad de la vereda y el colegio, estos datos permitieron realizar el diagnóstico del entorno a partir de los aspectos biofísicos y sociales. En la tabla 3 se aprecia el resumen de la metodología que se implementó en la primera fase.

Tabla 3. Resumen metodológico del primer objetivo específico.

PRIMER OBJETIVO ESPECIFICO					
DIAGNOSTICAR EL USO ACTUAL DEL RECURSO HIDRICO EN LA VEREDA GUAVIO BAJO					
ETAPA	PROCESO	ACCIÓN	TÉCNICA	INSTRUMENTO	PRODUCTO
DIAGNÓSTICO	Identificación y selección de los múltiples interrogantes	Planteamiento de preguntas de investigación y selección de las más relevantes	Partir del problema de investigación para realizar el planteamiento y selección	Elaboración de cuestionarios	Preguntas de investigación complementaria filtradas
	Priorización de los interrogantes	Ordenamiento y agrupación de las preguntas de investigación	Partir del problema de investigación para establecer la jerarquía de cada pregunta	Elaboración de cuestionarios	Formato de encuesta dirigida a la comunidad
	Recolección de la información	Inserción en la comunidad	Aplicación de cuestionarios	Encuesta obtenida de la priorización	Abstracción de información requerida
	Digitalización de la información	Redacción de la información en procesadores de texto y hojas de cálculo	Digitación de datos	Recursos tecnológicos	Gráficos de datos e indicadores.
	Reunión con la comunidad	Inclusión y participación de la comunidad	Investigación y acción participativa	Realización de talleres para conocer la opinión de la comunidad	Percepción de la problemática por parte de la comunidad

Fuente: Tomado y adaptado de (SALAMANDO, 2012).

6.2.2 Segunda fase

Se implementaron estrategias pedagógicas vinculando a la comunidad a través de reuniones, talleres prácticos, para transmitir la información pertinente sobre agentes contaminantes, los ecosistemas y el rol que ellos cumplen dentro de los procesos productivos cotidianos, el agua, uso y cuidados, dentro de un marco de referencia denominado **“la fitorremediación como alternativa para el mejoramiento del agua”**.

Por medio de los talleres y reuniones con la comunidad, se logró identificar, analizar y resolver problemáticas propias, con planes que se pueden implementar en las fincas, en los sistemas de acueducto y en la disposición de las aguas negras.

Al finalizar cada actividad se procedió a evaluar los conceptos asimilados por parte de la comunidad, como también la disposición a un cambio actitudinal frente a los temas abordados.

La tabla 4 muestra los pasos principales que constituyeron la segunda fase del proyecto.

Tabla 4. Resumen metodológico del segundo objetivo específico

SEGUNDO OBJETIVO ESPECIFICO					
IDENTIFICAR LOS CAMBIOS PERCIBIDOS POR LA COMUNIDAD DE LA VEREDA GUAVIO EN LOS ECOSISTEMAS, USO Y MANEJO DEL RECURSO HIDRICO					
ETAPA	PROCESO	PROCEDIMIENTO	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS	PRODUCTO
PEDAGÓGICA	Implementación de estrategias pedagógicas	Transmisión de información desde y hacia la comunidad	Investigación acción-participativa	Talleres de doble canal	Identificación de posibles soluciones a las problemáticas abordadas
	Reunión con la comunidad	Creación de planes de uso responsable del recurso hídrico para implementar en la zona	investigación acción-participativa	talleres de eco-concientización en el manejo del agua	asimilación y disposición de la comunidad frente a un cambio de actitud en el manejo del recurso hídrico

Fuente: Tomado y adaptado de (SALAMANDO, 2012).

6.2.3 Tercera fase

De acuerdo a los resultados obtenidos en las fases anteriores, se realizó un taller teórico-práctico mostrando los resultados del trabajo de *grado Determinación de las características físico químicas del agua y la eficiencia del sistema vetiver como agente fitorremediador en el lago de la granja la Esperanza* (Ardila R. 2015) como modelo eco-tecnológico, adaptado a las condiciones de la zona de estudio. Como se muestra en la figura 7.



Figura 7. Modelo eco-tecnológico, como recurso práctico. (Fuente: el autor).

La tabla 5 evidencia el resumen metodológico de la tercera fase.

Tabla 5. Resumen metodológico del tercer objetivo específico

TERCER OBJETIVO ESPECIFICO					
GENERAR CONOCIMIENTO EN LA COMUNIDAD MEDIANTE UN MODELO EDUCATIVO BASADO EN EL SISTEMA VETIVER					
ETAPA	PROCESO	PROCEDIMIENTO	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS	PRODUCTO
PROPOSITIVA	Proposición de un sistema eco-tecnológico basado en la fitorremediación con el sistema vetiver	Mostrar a la comunidad evidencias del proceso de fitorremediación	Investigación acción-participativa	Taller teórico-práctico.	Generación de conocimiento de la solución que brinda la fitorremediación en aguas con el sistema vetiver
	Síntesis de la información	Diseño de un modelo pedagógico basado en fitorremediación	Síntesis de la información consolidada	Diseño de diagrama de proceso estructural como herramienta de gestión	Modelo estructural para la gestión de un sistema de fitorremediación en la vereda Guavio bajo, como herramienta de educación ambiental.

Fuente: Tomado y adaptado de (SALAMANDO, 2012).

En la figura 8 esquema general del proceso metodológico, se puede apreciar el resumen de cada una de las fases que componen el desarrollo de las actividades pertinentes para la ejecución del trabajo.

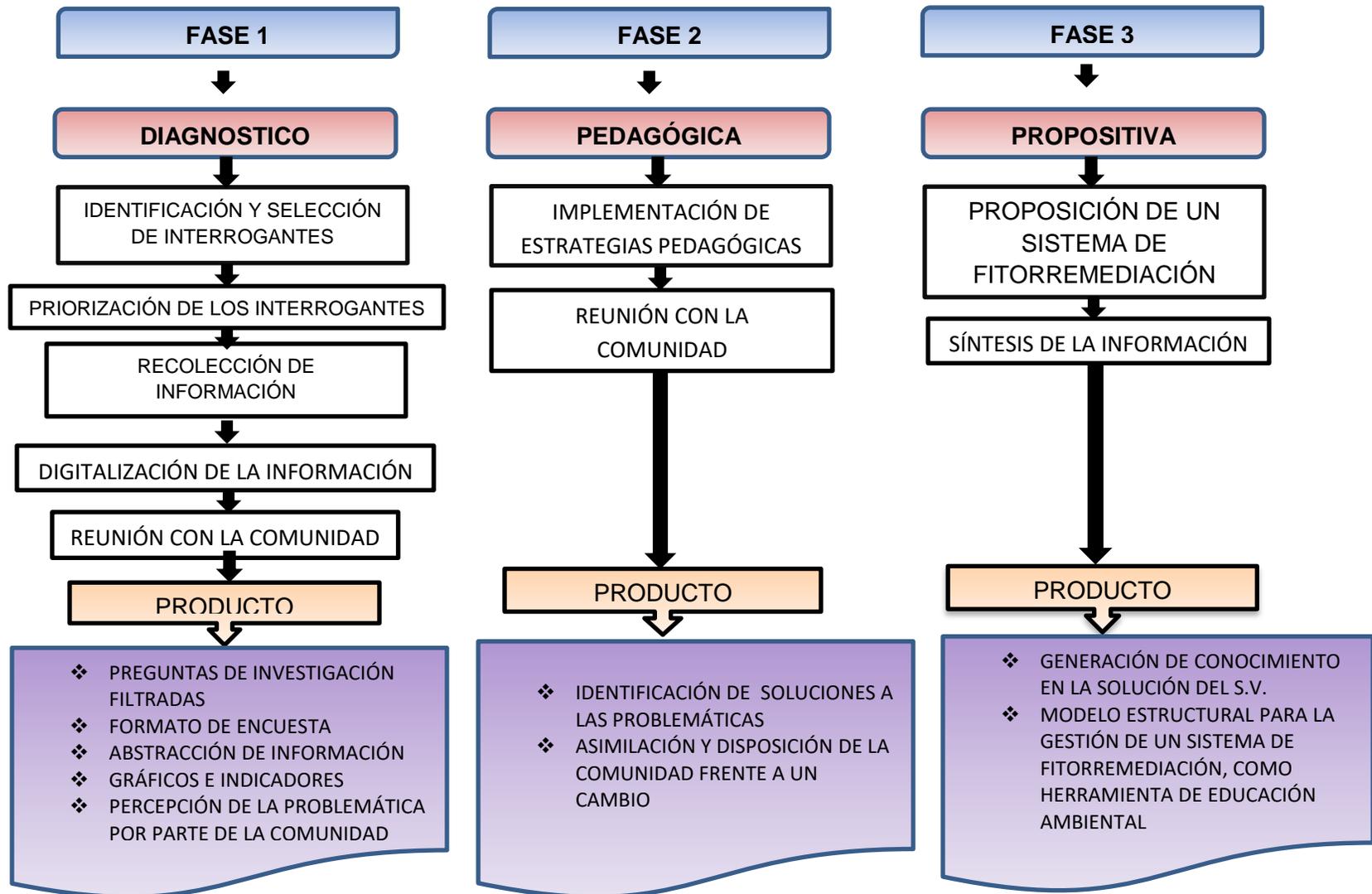


Figura 8. Esquema general del proceso metodológico. Tomado y adaptado de (SALAMANDO, 2012).

6.3 DISEÑO ESTADÍSTICO

Para el caso de este proyecto, la muestra poblacional se le denomina población finita ya que su tamaño, de manera más o menos exacta se puede conocer a través de fórmulas específicas para este tipo de población.

Cuando se conoce el tamaño de la población, la muestra necesaria es más pequeña y su tamaño se determina mediante la fórmula:

$$n = \frac{N}{1 + \frac{e^2(N-1)}{Z^2(pq)}}$$

Fórmula 1. Fórmula estadística para calcular el tamaño de la muestra.

Donde **n** es el tamaño de la muestra que deseamos conocer,

N es el tamaño conocido de la población,

e es el error de la muestra,

z es el nivel de confianza y

pq es la varianza de la población.

Tamaño necesario de la muestra: ¿Cuántos sujetos se necesitan? (Morales Vallejo, Pedro. 2011) En cuanto al error de la muestra, Si el margen de error es 3.16%, en la fórmula pondremos **e** = 0.0316. Si dice que sí un 64.3% en la muestra, entendemos que dice que sí en la población entre un (64.3 - 3.16) % y un (64.3 + 3.16) %. Cuanto más bajo sea este error probable, que es el denominador, aumenta la precisión pero también subirá obviamente el cociente: harán falta más sujetos⁹⁹.

Un nivel de confianza del 95% (también lo expresamos así: $\alpha = .05$) corresponde a **z** = 1.96 sigmas o errores típicos; **z** = 2 (dos sigmas) corresponde a un 95.5% (aproximadamente, $\alpha = .045$).

⁹⁹ SALAMANDO, Elizabeth. *modelo de gestion para proyectos ambientales escolares PRAE- en el núcleo educativo #2 de la ciudad de Pereira*. 2012

Como la varianza de la población **pq** se desconoce, se pone la varianza mayor posible porque a mayor varianza hará falta una muestra mayor.

Entonces **p** es la proporción de respuestas en una categoría (si es, en respuestas correctas, *unos* en la codificación usual). **q** es la proporción de repuestas en la otra categoría (*no* es, *ceros* en la codificación usual).

La varianza en los ítems dicotómicos (dos respuestas que se excluyen mutuamente) es igual a **pq** y la varianza mayor (la mayor diversidad de respuestas) se da cuando **p = q = 0.50** (la mitad de los sujetos responde sí y la otra mitad responde no) por lo que en esta fórmula **1 pq** es siempre igual a $(0.50)*(0.50) = 0.25$ (es una constante).

En las fichas técnicas de las encuestas sociológicas que se publican en la prensa es normal indicar que la muestra ha sido escogida partiendo de la hipótesis de que **p = q = 0.50** (a veces se expresa de otras maneras: **P = Q = 50**, ó **p/q = 50**).

Este valor de **pq** (= 0.25) es válido (válido para calcular el tamaño de la muestra) aun cuando las preguntas no sean dicotómicas.

Si se observa la fórmula se puede ver que, el tamaño de la muestra será mayor según sea mayor el nivel de confianza y la varianza esperada en la población y según sea menor el margen de error, (denominador en la fórmula).

A continuación se evidencia el cálculo del tamaño de la muestra que se utilizó conociendo la población de familias en la vereda Guavio bajo, usando un error muestral del 5% (**e=0,05**), un nivel de confianza de 95% (**z=1,96**) y la varianza sugerida **pq=0,25**.

$$n = \frac{140}{1 + \frac{(0,05^2)(139)}{(1,96^2)(0,25)}} = 102.8$$

Fórmula 2. Tamaño de la muestra requerida.

Por lo tanto, para efectos del presente modelo de gestión se tomaron 102 muestras.

6.4 DISEÑO DEL MODELO

La consecución de un modelo de gestión ambiental está sujeto a una gran cantidad de factores, los cuales determinarán no solo la viabilidad sino también el éxito o fracaso de una iniciativa que propende generar la comprensión teórica y conceptual, basada en la acción práctica en la toma de decisiones. Por esto se elaboró el modelo de gestión, cimentándolo en tres etapas: diseño del diagnóstico, diseño de la estrategia pedagógica, diseño de la propuesta.

6.4.1 Diagnóstico

El diseño del diagnóstico se basó en la recolección de información, tiene la función de permitir y orientar la gestión de información desde la fase exploratoria hasta la fase propositiva del modelo de gestión.

Como se vio en la Figura 8 la etapa de diagnóstico cuenta en primera instancia con un proceso de identificación y selección de interrogantes. Con base en la pregunta experimental y en el objetivo general se determinó que el primer paso era conocer el uso actual del recurso hídrico en la vereda Guavio bajo del municipio de Fusagasugá y para esto fue preciso consultar recursos especializados como también el uso de herramientas didácticas¹⁰⁰, para lograr un conjunto de preguntas que permitieran establecer qué uso se le está dando al agua y lograr un modelo de resiliencia implementando la fitorremediación frente a la contaminación hídrica en la zona, que es el punto al que se quiere llegar.

Para la primera etapa del proyecto y en específico el primer objetivo se plantearon una serie de interrogantes con los cuales se pretendió agrupar todas las dudas que

¹⁰⁰ HENAO SALAZAR, Alejandro, ALTIERI, Miguel Ángel and NICHOLLS ESTRADA, Clara Inés. Herramienta didáctica para evaluar y manejar sistemas resilientes. 2015, (January), 61.

servirían en el proceso de recolección de información, las cuales se priorizaron obteniendo la siguiente lista de interrogantes:

- ¿Cuáles son los principales cultivos que usted produce y que área destina a cada uno de ellos?
- ¿De dónde proviene el agua que utiliza en su finca?
- ¿El acueducto veredal cuenta con sistema de purificación del agua?
- ¿Conoce usted algún sistema de purificación del agua?
- ¿Cree usted que el agua, que está en su finca es óptima para el consumo humano?
- ¿Sabe cuál es la diferencia entre agua potable y agua para el consumo humano?
- ¿Conoce cuáles son las características que debe tener el agua de buena calidad?
- ¿Tiene algún tipo de reservorio de agua en la finca?
- ¿Usted cuenta con concesión de agua en su finca?
- ¿Existe medidor o contador de agua en su finca?
- ¿Le da tratamiento a las aguas residuales o servidas?
- ¿Hace alguna actividad para cuidar las fuentes hídricas de su zona?
- ¿Considera que la cantidad de agua que llega a su finca es suficiente?
- ¿Qué sistemas de producción caracterizan el entorno de la finca?
- ¿Si tuviera agua de manera permanente, aumentaría el área agropecuaria? Especifique que implementaría.
- ¿Cuáles de las actividades que se realizan en la vereda contaminan las fuentes hídricas?
- ¿Conoce usted alguna institución que trabajó en prevención de los efectos de la contaminación de fuentes hídricas en su municipio?
- ¿Pertenece a alguna asociación o grupo que conserve los recursos hídricos?
- ¿En su comunidad existen trabajos dirigidos a la prevención y conservación del agua?
- ¿Usted sabe que son las ecotecnologías?

- ¿Usted sabe que es la fitorremediación?
- ¿Las fuentes hídricas de su entorno cuenta con barreras de vegetación?
- ¿Existen áreas protegidas en las fuentes hídricas de la comunidad?
- ¿Existe conservación de corredores rivereños?

Basados en el anterior listado de interrogantes se realizó una encuesta anexo A, dirigida a la comunidad para obtener la información de forma clara y precisa de la situación actual del uso del recurso hídrico en la vereda Guavio bajo en el municipio de Fusagasugá.

6.4.2 Diseño de la estrategia pedagógica

En esta fase del proyecto se ideó una serie de talleres de doble canal con la comunidad para obtener la idea que tenían del entorno que habitan. Mediante la técnica de cartografía social, se diseñó una estrategia que permitiría buscar solución a la problemática del agua y su buen uso, entrelazando el conocimiento empírico de los habitantes de la vereda con la experiencia y desarrollo de la investigación aplicada al lago de la granja la esperanza.

A partir del diagnóstico se diseñó la estrategia pedagógica para la comunidad, se elaboraron un total de cinco pasos para crear el modelo educativo basado en la fitorremediación dando respuesta a la fase metodológica número tres; a continuación se enumera la forma en que se construyó el modelo educativo¹⁰¹:

- 1- Tema.
- 2- Preguntas orientadoras
- 3- Objetivo.
- 4- Estrategias metodológicas.
- 5- Evaluación.

¹⁰¹ CALERO dE LA PAZ, Geisha and PUENTES PÉREZ, Adelaida Benita . Tratamiento de la educación ambiental mediante acciones educativas, un camino hacia el desarrollo sostenible. sin fecha.

6.4.3 Diseño de la propuesta

La utilización de talleres teórico–prácticos se escogió como el medio de transmisión de información hacia la comunidad. Se plantearían interrogantes que serían resueltos de forma práctica analizando la composición del agua de la cual disponen para todas las actividades diarias, composición físico-química, así como los posibles patógenos externos que podrían provocar enfermedades gastrointestinales.

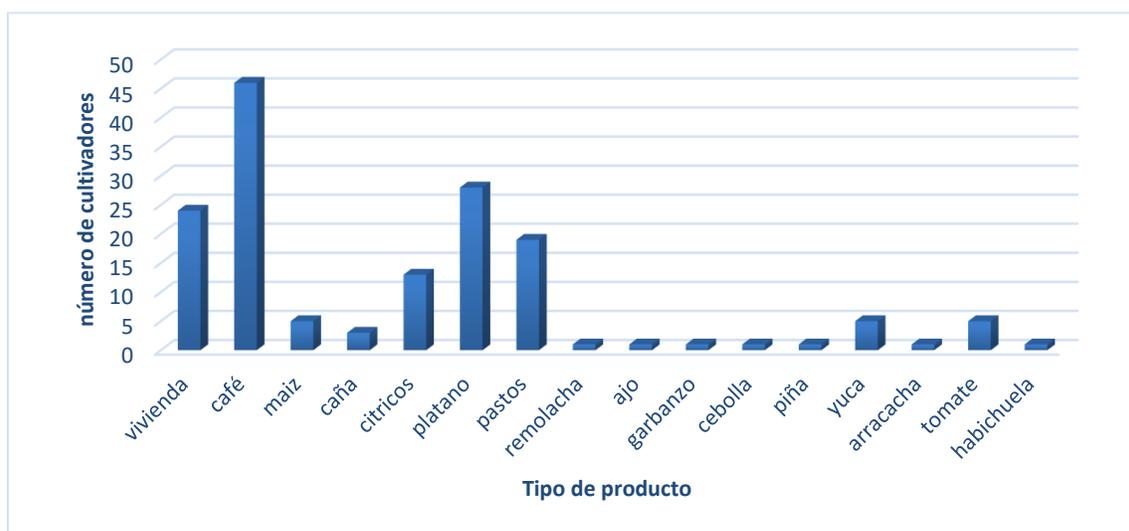
Luego de este análisis se plantea la solución más factible en la zona para eliminar residuos de metales pesados y otros elementos contaminantes peligrosos para el ser humano. La fitorremediación mediante el sistema vetiver se plantea como la mejor opción en el tratamiento de aguas en la zona.

7 RESULTADOS DEL PROYECTO Y DISCUSIÓN

7.1 Primera fase: diagnóstico del uso actual del recurso hídrico en la vereda Guavio Bajo del municipio de Fusagasugá.

Como resultado del primer objetivo específico mediante la aplicación de la encuesta a la comunidad, se obtuvieron resultados que reflejan la situación del uso del agua y su manejo por parte de los habitantes de la vereda.

Se preguntó cuáles son los principales cultivos que los usuarios producen y que área destina a cada uno, para identificar el requerimiento de agua promedio para mantener sus cultivos.



GRAFICA 1. Relación entre producto cultivado, uso del suelo y cantidad de productores (Fuente: el autor).

En la gráfica 1 se muestra el comportamiento de las áreas agrícolas que presenta la vereda, siendo el principal cultivo el café como sistema agroforestal, seguido por el plátano y los pastos. El ítem de vivienda está relacionado con la población de la muestra que no destina sus predios a cultivos agrícolas extensivos.

Según el plan de ordenamiento territorial participativo del municipio de Fusagasugá 2014¹⁰², indica que utilizaron la metodología de CORINE Land Cover adaptada para Colombia, para describir la cobertura vegetal y el uso del suelo, en la vereda se evidencia que existen los siguientes usos del suelo:

Zonas industriales o comerciales: Se clasificaron los galpones y estanques piscícolas en esta categoría por que hacen parte de las actividades agroindustriales; la industria avícola está dedicada a la producción de pollo de engorde y de huevo para consumo y reproducción. En el municipio de Fusagasugá los galpones ocupan una extensión de 429.9 ha, (2.22% del total de la cobertura y uso), mientras los estanques piscícolas tienen un área de 56 ha (0,29%). En el trabajo de campo no se evidenció explotación piscícola, pero si existe industria avícola, se identificaron 4 sitios de producción y solo uno de estos suministró información¹⁰³.

Territorios agrícolas: áreas destinadas para la producción de alimentos y materias primas; dentro de estos se encuentran los cultivos transitorios, cultivos permanentes, cultivos permanentes herbáceos, cultivos permanentes arbustivos, cultivos permanentes arbóreos, cultivos agroforestales, cultivos confinados, pastos, pastos limpios, mosaico de cultivos, mosaico de pastos y cultivos, mosaico de cultivos pastos y espacios naturales, mosaico de pastos con espacios naturales, mosaico de cultivos y espacios naturales¹⁰⁴ Figura 9.

¹⁰² UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA FACULTAD DE ARTES y CENTRO DE EXTENSIÓN. ACADÉMICA. PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL PARTICIPATIVO MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ. 2014, (7).

¹⁰³ Ibid

¹⁰⁴ ibid



Figura 9. Distintos tipos de áreas agrícolas destinados a la producción de alimentos y materias primas. A) Vivienda, B) Cultivo transitorio, C) Cultivo asociado, D) Cultivo confinado, E) Cultivos, pastos y espacios naturales, F) Pastos con espacios naturales. (Fuente: el autor).

Lo encontrado en campo es congruente con lo expresado en el POT, el comportamiento de la población en la vereda y sus actividades económicas no han sido modificadas en los últimos años.

Se analizó mediante la encuesta, el lugar de donde se abastecen de agua las familias tanto para uso doméstico como para el agropecuario.



GRAFICA 2. Fuentes de agua en las fincas de la vereda (Fuente: el autor).

La mayor fuente de abastecimiento hídrico, es el acueducto veredal cafetero, el cual se abastece directamente del río Guavio. La gráfica 2 evidencia como la comunidad suple sus requerimientos hídricos a través de los medios que poseen a su disposición; para suplir los requerimientos para los procesos agropecuarios se toma el agua del río Batán.

El acueducto cafetero es la principal fuente para abastecer el recurso hídrico para el uso doméstico, sin embargo no toda la población tiene acceso a este, el servicio es precario y no existe disponibilidad de agua constante.

Según el acuerdo No. 037 de 2012 por medio del cual se adopta el plan de desarrollo municipal *Fusagasugá contigo*, en el artículo 22º las políticas del componente de gestión y desarrollo de infraestructura en el numeral 1. Servicios públicos y saneamiento básico; habla de los estudios, diseños y construcción de obras para el

manejo y disposición de aguas residuales, como también para optimizar la calidad del agua potable y la cobertura en la prestación de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo en el municipio, con la ampliación de redes y la construcción de obras de saneamiento básico rural y para el fortalecimiento de los acueductos rurales¹⁰⁵.

Aunque la ampliación del servicio de acueducto en las zonas rurales hace parte de las políticas municipales, se evidencia que en la vereda aún no se han desarrollado los estudios que viabilicen el mejoramiento del acueducto existente para la potabilización del agua y los distritos de riego que mejoren las condiciones productivas de la vereda como se muestra en la figura 10.

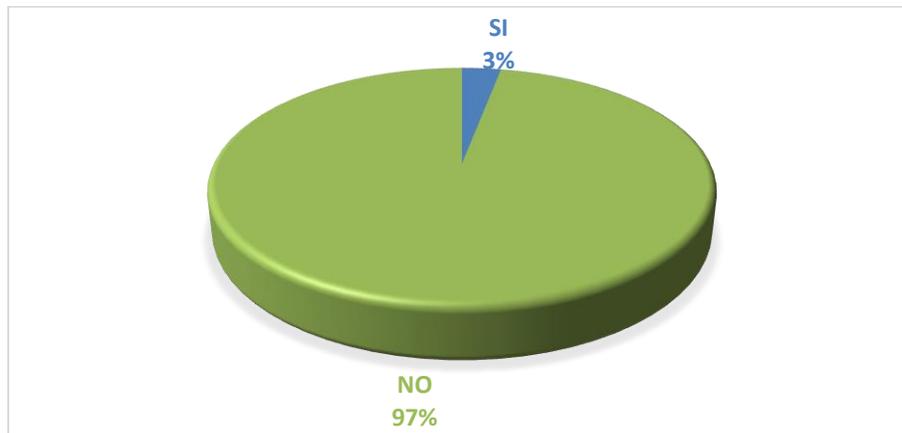


Figura 10. Líneas de conducción de agua acueducto vereda Guavio Bajo. (Fuente: el autor).

De acuerdo al punto de captación o abastecimiento del agua se le preguntó a la comunidad si ellos conocían si el acueducto veredal contaba con un sistema de purificación o potabilización del agua, tan solo el 3% de la población encuestada como se ve en la gráfica 3 afirma que el acueducto cuenta con este sistema. Al

¹⁰⁵ Acuerdo y Plan DE DESARROLLO. CONTINÚA ACUERDO No. 037 DE 2012 PLAN DE DESARROLLO 2012-2015. 2015, **2012**(37), 1-126.

preguntar a la comunidad, esta contesta que no sabe, lo que demuestra un bajo conocimiento acerca del agua que utilizan para sus labores cotidianas.



GRAFICA 3. Porcentaje de la población que dice tener sistemas de purificación de agua en su acueducto. (Fuente: el autor).

Las características del agua potable son, estar limpia y ser apta para el consumo humano, esta debe ser inodora, incolora, insabora, no es turbia, no presenta sustancias flotantes, no contiene enterobacterias como coliformes fecales, tiene un pH entre 6,5 y 9,0, cumple con los límites aceptables de acidez, alcalinidad, dureza, elementos químicos, sales como nitratos, fosfatos, sulfatos por ultimo cloro total y residual y las implicaciones para la salud de no tener acceso al agua que no cumpla con el mínimo de estos parámetros, no solo por el uso doméstico sino también por las implicaciones que estas traen para la salud ya que los alimentos cosechados y lavados en poscosecha con estas aguas deben ser comercializados con la debida inocuidad del producto, que permita proteger la salud de los consumidores y de los mismos productores¹⁰⁶.

Los acueductos deben garantizar que el agua que se distribuye para el consumo humano sea potable, el acueducto con que cuenta la vereda no realiza ningún tipo de potabilización para el agua como se muestra en la figura 11, por consiguiente se

¹⁰⁶ CENICAFÉ and PUERTA QUINTERO. La inocuidad y calidad del café requiere de agua potable para su beneficio y preparación de la bebida. 2015, 1-11.

presume que la calidad microbiológica y fisicoquímica no es apta para el consumo humano ni para el procesamiento de los alimentos que se producen, las granjas avícolas tienen su propio sistema de purificación de agua para el suministro a las aves.

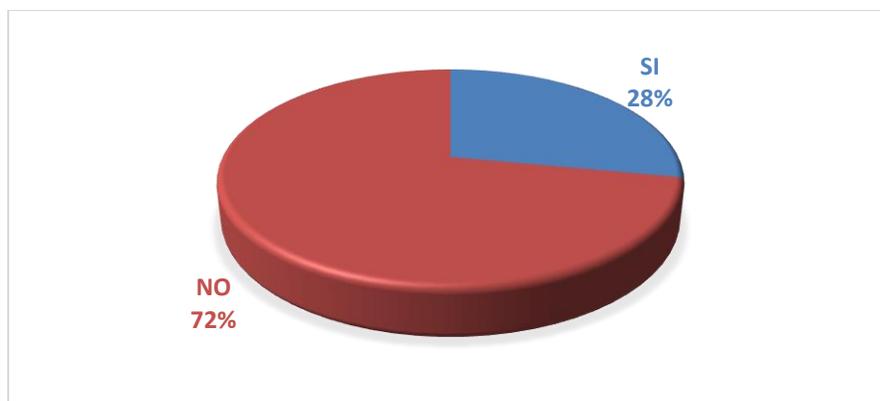


Figura 11. Calidad del agua suministrada a las fincas de la vereda. (Fuente: el autor).

Los malos procesos de potabilización del agua por las fuentes que abastecen el recurso, incrementa problemas en la salud, el agua que se suministra con trazas de agentes contaminantes incrementa el riesgo de enfermedades diarreicas; los estudios realizados por el Banco Mundial permitieron estimar una afectación de la salud de la población en Colombia debido al consumo de agua de baja calidad¹⁰⁷.

En la gráfica 4 se puede apreciar el desconocimiento de la comunidad de Guavio bajo, con respecto a los sistemas de purificación de agua.

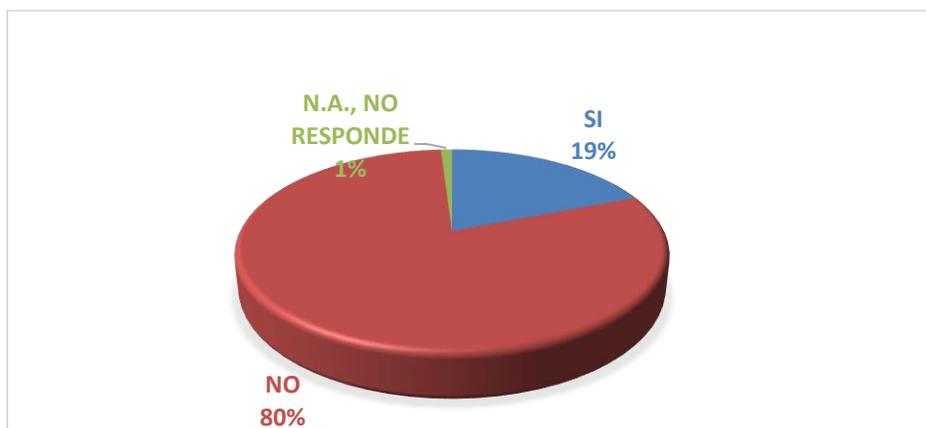
¹⁰⁷ IDEAM. Informe del estado del medio ambiente y los recursos naturales renovables 2011. 2011, 120.



GRAFICA 4. Porcentaje de la población que conoce sistemas de purificación. (Fuente: el autor).

Un 72% de la población encuestada, equivalente a 74 familias no conoce técnicas de purificación de agua; simplemente algunos pobladores o trabajadores flotantes consumen el líquido directamente del punto de entrada a la finca, la otra población, aunque no tienen sistema interno de purificación del agua, hierben el líquido antes de ser consumido.

El 80% de los habitantes de la vereda no está conforme con la calidad del agua que consumen, como se ve en la gráfica 5 solo un 19% de los encuestados dice estar conforme con la calidad del agua para el consumo humano.

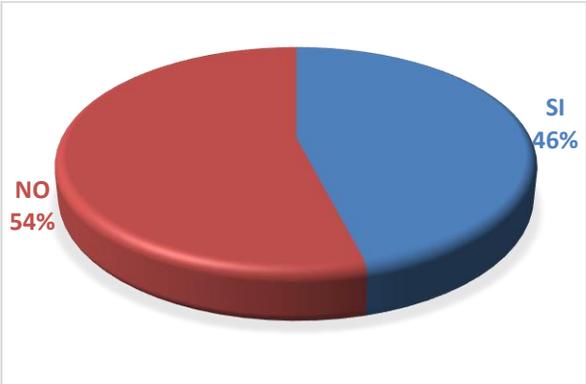


GRAFICA 5. Satisfacción de la comunidad con el agua de consumo. (Fuente: el autor).

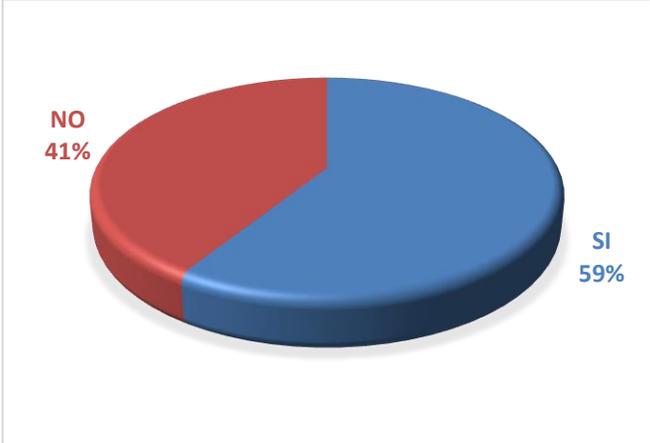
La población encuestada que no se encuentra conforme con el agua que llega a sus predios, se debe a que el agua llega muy turbia y no es apta para cocinar ni para

realizar las labores domésticas. Sin embargo las personas que solo usan el agua para el uso agrícola no tienen ninguna limitante para el uso del recurso en los procesos productivos.

En las graficas 6 y 7 se evidencia que la comunidad no tiene claro los conceptos de calidad del agua y conocimiento del agua potable y cruda. El factor social influye pues nunca han tenido la oportunidad de contar con un recurso hidrico en optimas condiciones de consumo.



GRAFICA 6. Porcentaje de la población encuestada que sabe la diferencia entre agua potable y agua cruda (Fuente: el autor).



GRAFICA 7. Porcentaje de la población que sabe cuáles son las características del agua de buena calidad. (Fuente: el autor).

Es importante que los pobladores de la vereda, tengan las herramientas educativas básicas para identificar las características mínimas de calidad de agua, que les

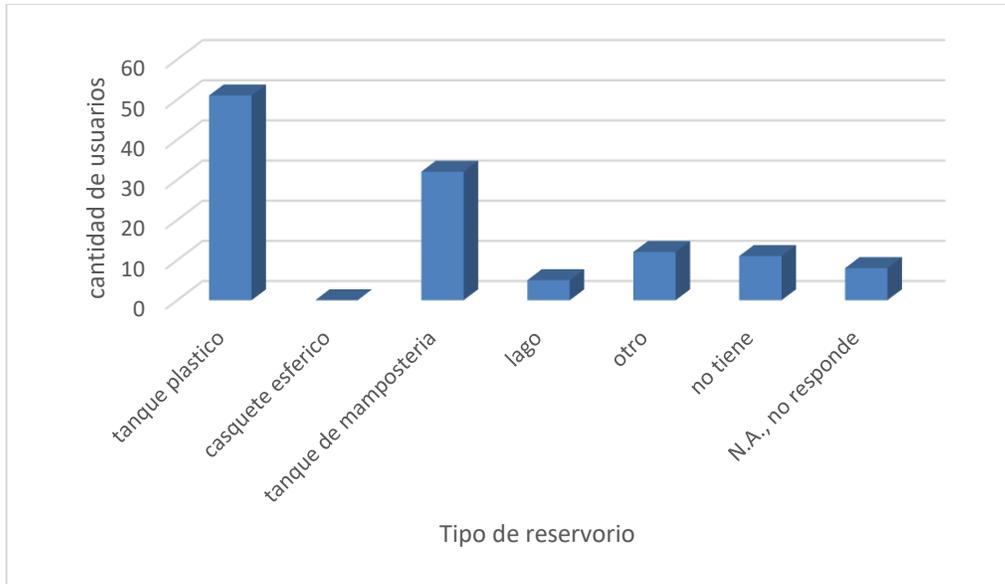
permita mejorar sus procesos de potabilización y almacenamiento del agua para el consumo de sus familias, hasta que el estado les garantice la adecuación y modernización del acueducto veredal.

Pese a que los impactos sobre la salud asociados con la falta de disponibilidad de agua potable, de infraestructura para el saneamiento básico y de buenas prácticas de higiene la EDA continua siendo una de las problemáticas de salud pública más importantes en Colombia, los logros obtenidos en este ámbito durante las últimas décadas son alentadores. De acuerdo con el último reporte sobre el Progreso en Agua Potable y Saneamiento de UNICEF y la WMO (2012) el país ha avanzado hacia la consecución de los Objetivos de Desarrollo del Milenio en este campo¹⁰⁸; sin embargo municipios como Fusagasugá tiene políticas claras para mejorar la infraestructura urbana y rural pero aún no ha iniciado con el proceso de evaluación de proyectos y mejoramiento de la infraestructura ya existente, problemática que se ve reflejada en las zonas menos favorecidas como lo son las áreas rurales.

Se les preguntó a las personas de la comunidad si contaban con reservorios de agua con el fin de identificar, si le realizaban algún tipo de proceso de purificación al agua que almacenaban, la mayoría de la población cuenta con tanques plásticos que suple las necesidades cotidianas de agua de la vivienda, solo las personas que poseen áreas de producción agrícola y pecuaria almacenan el agua en otras estructuras Figura 12.

Como se puede ver en la gráfica 8 y partiendo del hecho que la muestra tomada fue de 102 encuestas, el 81% de usuarios cuenta con reservorios de agua, las personas que no tienen reservorio de agua y que no respondieron ese punto en particular por desconocimiento sumaron un total de 19.

¹⁰⁸ IDEAM. Informe del estado del medio ambiente y los recursos naturales renovables 2011. 2011, 120.



GRAFICA 8. Cantidad de la población encuestada que tiene algún tipo de reservorio de agua en su finca. (Fuente: el autor).



Figura 12. Tipos de reservorio encontrados en las zonas veredales del área de estudio. A) Reservorio de mampostería, B) Lago como reservorio asociado a cultivo transitorio, C) Reservorio de uso doméstico, D) Tanque plástico. (Fuente: el autor).

Se le preguntó a la comunidad si poseían la concesión del agua que captaban del río Batan y/o Guavio, con el fin de determinar la cantidad de agua que usan en sus actividades, pero 92 de los encuestados no cuentan con concesión de agua y pertenecen al acueducto veredal cafetero o toman el agua directamente del río Batan, los 10 restantes cuentan con la concesión de agua, ellos pertenecen al acueducto veredal el mirador.

En la gráfica 9 se puede evidenciar el número de usuarios con concesión de agua.



GRAFICA 9. Porcentaje de la población que cuenta con concesión de agua. (Fuente: el autor).

De acuerdo a los datos obtenidos en la gráfica 10 se puede observar que 10 personas encuestadas pertenecen al acueducto el mirador que si cuenta con medidor del agua.



GRAFICA 10. Cantidad de la población que cuenta con medidor de agua (Fuente: el autor).

De la totalidad de la encuestas realizadas solo 10 personas tienen regulada la cantidad de agua que gastan mensualmente y pagan una tarifa acorde al gasto, el restante de pobladores están afiliados al acueducto cafetero o a la captación de agua del río Batán, pero no cancelan el servicio de acuerdo al consumo si no a la cuota fijada por la junta de acción comunal.

Muchas de las personas que se rehusaron a contestar la encuesta se justificaban que esta era para poner medidores en las fincas y regular el consumo del agua, situación con la que no estaban de acuerdo.

Finalmente, la vereda cuenta con dos acueductos el mirador y el cafetero; el primero presta un servicio más organizado, pero no cubre a toda la vereda de Guavio bajo, este sule las necesidades del Guavio alto. El segundo es el cafetero que no cuenta con sistema de medición del consumo por usuario, pero sule las necesidades de toda la vereda. Ninguno de los dos cuenta con sistemas de potabilización que garantice a los usuarios la calidad y cantidad de agua que están suministrando.

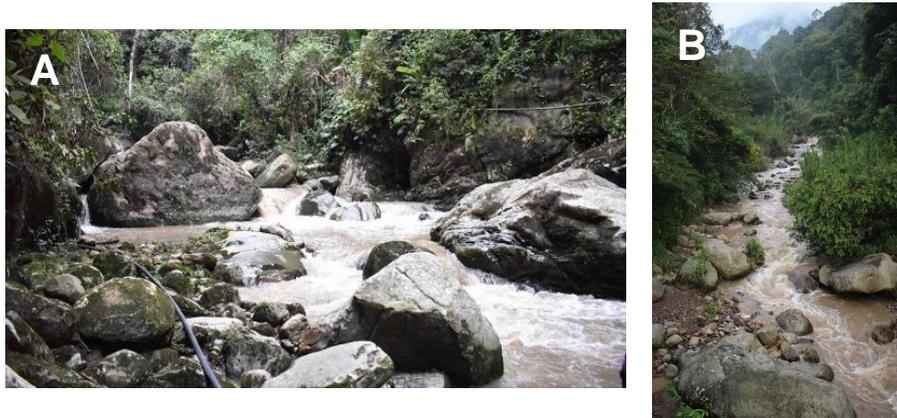
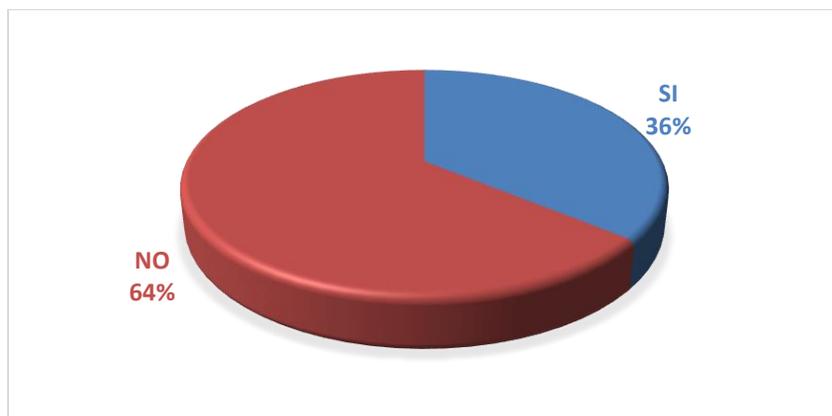


Figura 13. Puntos de captación de agua de los acueductos veredales. A. Río Guavio (fuente: personería de Fusagasugá, 2017). B. Río Batán. (Fuente: el autor).

Por ultimo esta la captación de agua del río Batán, que fue gestionada ante la CAR para montar un distrito de riego para la vereda, con una proyección para 200 usuarios. Este distrito no está funcionando, pero el agua si se está suministrando a las personas para el uso agropecuario, sin embargo, a los usuarios que no están registrados en ninguna de los dos acueductos se benefician de esta captación.

De acuerdo con lo observado en campo y a la información recolectada por medio de las encuestas se pudo determinar que en la vereda Guavio bajo no cuentan con un apropiado sistema de tratamiento de aguas residuales, tal como se ve en la gráfica 11, el 64% de la población encuestada no posee pozo séptico o algún sistema de depuración de aguas negras en sus fincas, lo que ha llevado a una descarga directa a los agroecosistemas y fuentes hídricas generando problemas latentes de lixiviados y contaminación figura 14.

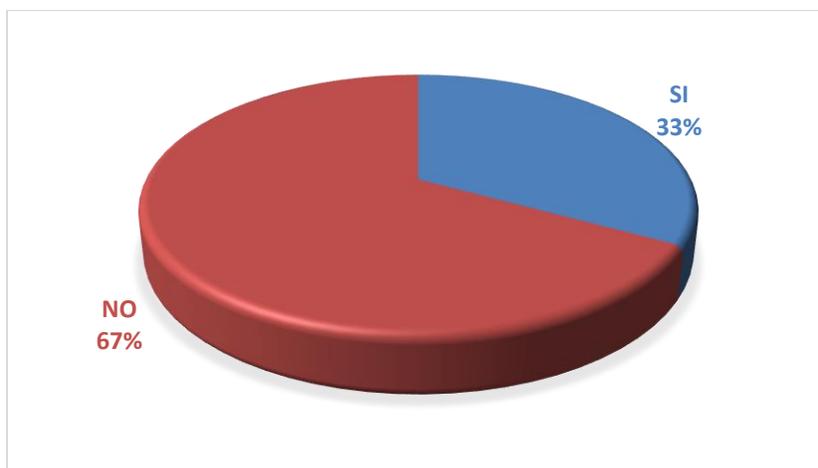


GRAFICA 11. Porcentaje de la población encuestada que le da tratamiento a las aguas residuales. (Fuente: el autor).



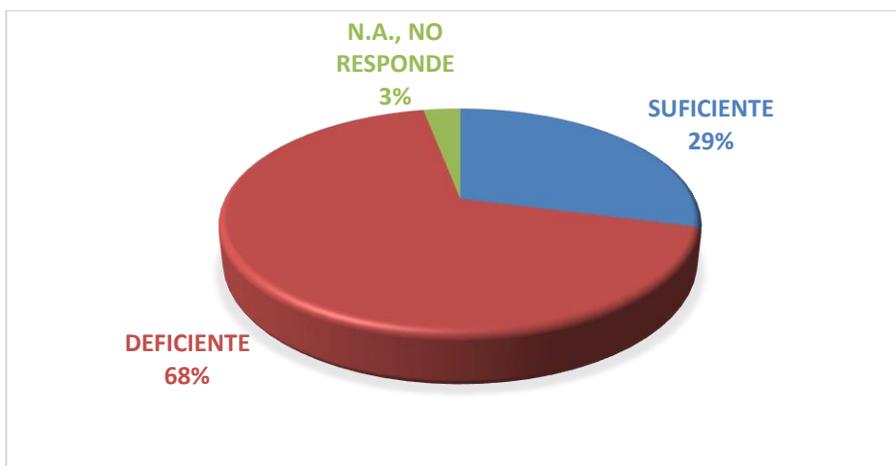
Figura 14. Descarga de aguas residuales en el área de estudio. A. descarga de aguas residuales directamente al alcantarillado. B Descarga de agua residual en la carretera. C Desacarga de agua residual a un afluente hidrico. (Fuente: el autor).

Se consultó con la población que actividades realizaban para cuidar las fuentes hídricas veredales de acuerdo con los problemas actuales de cambio climático, se logró evidenciar que el 67% de la población encuestada no hace ningún tipo de manejo o reforestación de las zonas aledañas a los ríos, como se muestra en la gráfica 12.



GRAFICA 12. Porcentaje de la población encuestada que hace alguna actividad para cuidar el agua.

En la gráfica 13. Porcentaje de la población encuestada que considera que el agua que llega a sus fincas es suficiente el 68% de la población encuestada considera que el agua que llega a sus fincas no supe las necesidades requeridas.

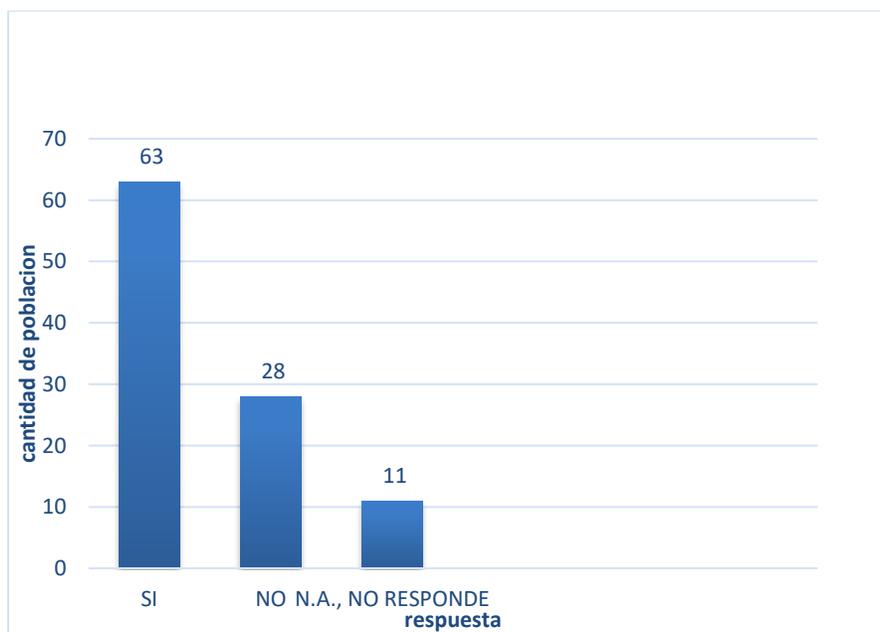


GRAFICA 13. Porcentaje de la población encuestada que considera que el agua que llega a sus fincas es suficiente. (Fuente: el autor).

De acuerdo a la vocación agrícola, pecuaria y de vivienda que posee la vereda se preguntó que si consideraban que el agua que llegaba a sus fincas suplía las necesidades, se logró evidenciar que los usuarios del acueducto cafetero y el mirador no estaban satisfechos con el servicio que estos prestan ya que el agua que llega a las casas no lo hace de manera constante y el agua llega turbia, además

tienen problemas para que llegue a sus predios ya que esta es transportada por mangueras negras que pasan por varios predios y en muchos de esos lugares cortan el paso del agua de acuerdo a la disponibilidad del agua, en temporada de verano la zona más alta de la vereda obstaculiza el paso para el resto de los usuarios.

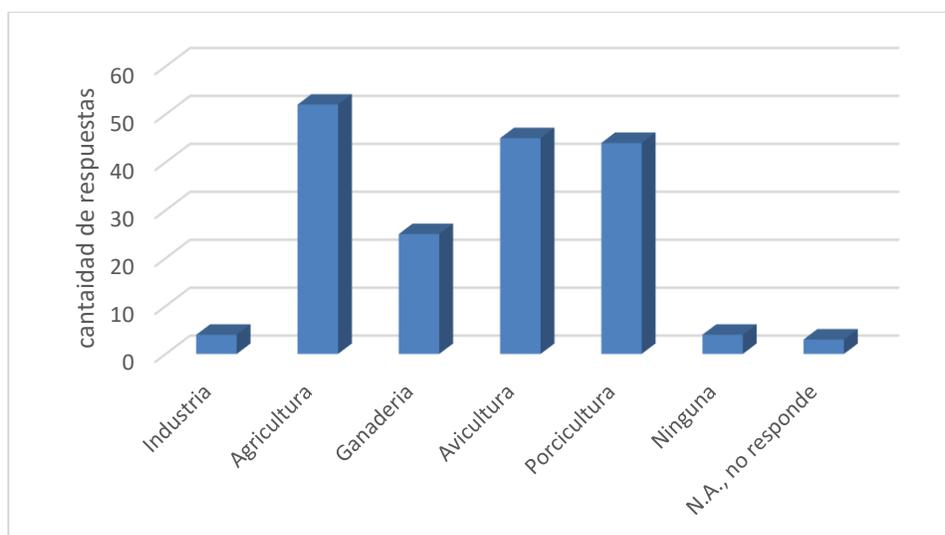
De acuerdo a la percepción de las personas respecto a la cantidad de agua que llega a sus fincas, se les preguntó que si al llegar más agua aumentarían sus áreas productivas, mostrando que el 63 usuarios encuestados si aumentaría sus áreas productivas como se ve en la gráfica 14.



GRAFICA 14. Cantidad de la población encuestada que aumentaría el área agropecuaria si tuviera agua de forma permanente (Fuente: el autor).

Se les preguntó a los habitantes de la vereda cual consideraban ellos que era la actividad que más contaminaba las aguas.

En la gráfica 15 se observa que las personas perciben que la actividad productiva que más contamina las fuentes hídricas, es la agricultura seguida por la porcicultura y la avicultura, actividades económicas que se realizan en la vereda.

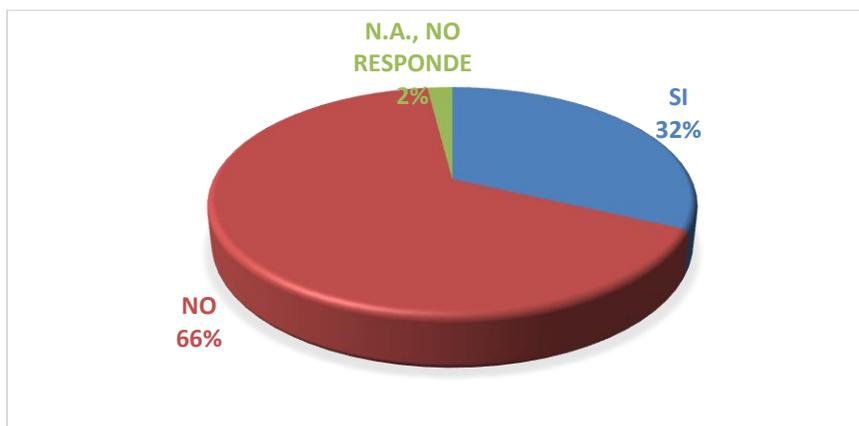


GRAFICA 15. Actividades que contaminan los recursos hídricos. (Fuente: el autor).

Aunque las actividades que mencionó la población encuestada si son agentes de contaminación, no se tuvo en cuenta que el manejo de las aguas residuales también es un factor de contaminación, la disposición directa sin tratamiento en los cuerpos de agua superficiales y en el suelo, disminuyen la calidad de las aguas y puede generar dos tipos de problemas: de salud pública, y de degradación de los ecosistemas aledaños.

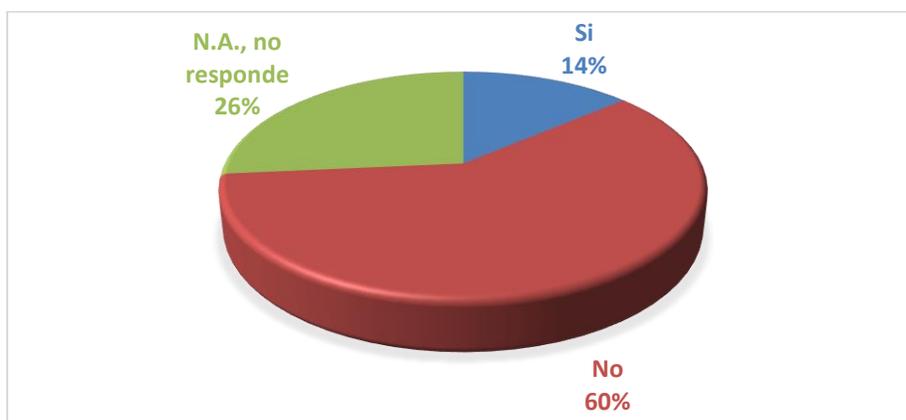
Según los datos recopilados la vereda no evidencia en sistema de alcantarillado, ni sistemas de tratamiento de agua residual de uso doméstico, estas aguas son vertidas al suelo o los pequeños cuerpos de agua, estas aguas de escorrentía no han sido tratadas o tenidas en cuenta por la comunidad como agentes contaminantes que perjudiquen directamente la salud de los habitantes de la vereda.

Se preguntó acerca del conocimiento que ellos tenían de las entidades que trabajan en la prevención de la contaminación de las fuentes hídricas, en la gráfica 16 se muestra que el 66% de la población no tiene conocimiento sobre las instituciones que trabajan en la prevención o manejo de los agentes contaminantes del agua en el municipio de Fusagasugá.



GRAFICA 16. Porcentaje de la población encuestada que conoce alguna institución que trabaje en la prevención de los efectos de la contaminación del agua en el municipio. (Fuente: el autor).

De acuerdo al contexto anterior sobre el conocimiento de las entidades que trabajan en la prevención de los agentes contaminantes, se indagó si la población había tenido capacitaciones para el manejo de sus fuentes hídricas.

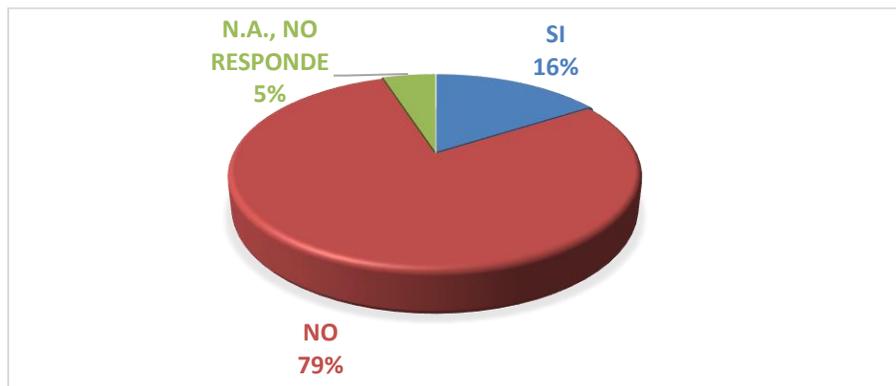


GRAFICA 17. Porcentaje de la población que ha recibido recomendaciones por parte de las Instituciones. (Fuente: el autor).

De acuerdo con la gráfica 17 se puede determinar que el 60% de la población encuestada no ha recibido acompañamiento ni capacitaciones, por parte de las instituciones nacionales encargadas de mantener y mejorar el medio ambiente, en el municipio.

Sin embargo la población no ha tenido oportunidad de realizar los acercamientos pertinentes entre las instituciones públicas y académicas para realizar proyectos que les ayude a conservar los ecosistemas y la calidad de los mismos.

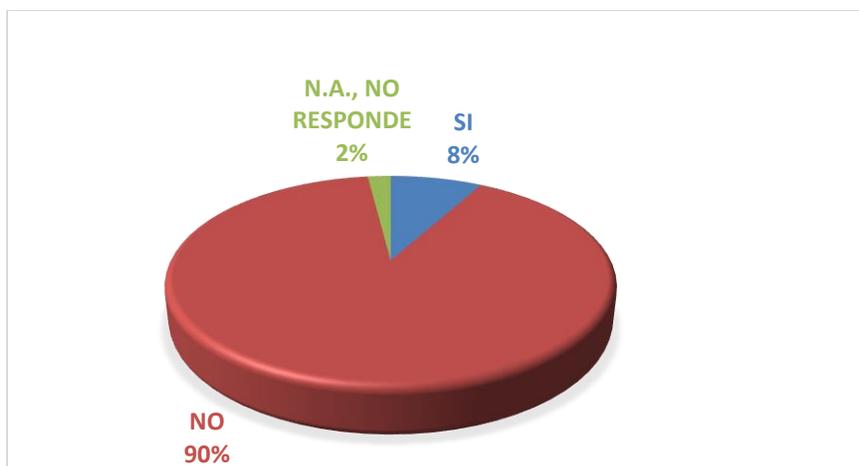
Dado que la vereda presenta una ubicación privilegiada, en el medio de dos afluentes hídricos, se les preguntó a los habitantes que si ellos habían desarrollado trabajos encaminados a la prevención y conservación de los ríos Guavio y Batán.



GRAFICA 18. Porcentaje de la población encuestada que dice que en su comunidad existen trabajos dirigidos a la prevención y conservación del agua. (Fuente: el autor).

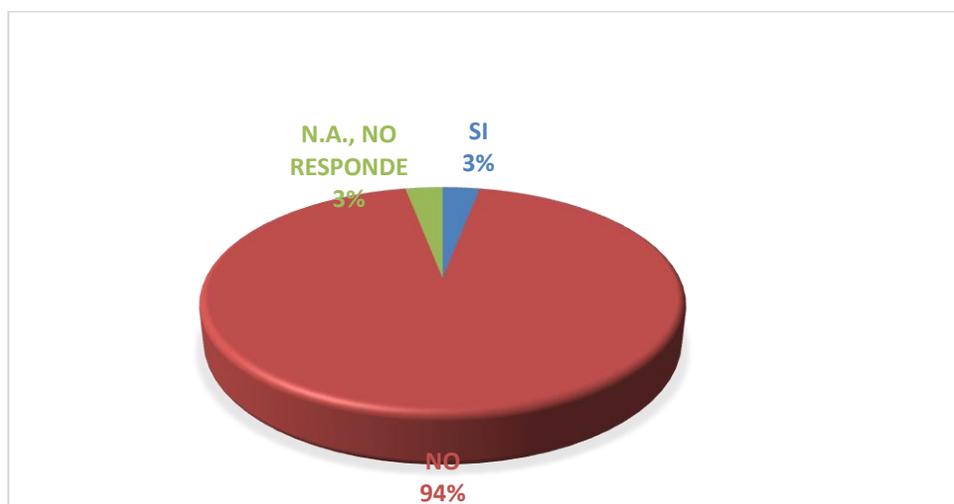
En la gráfica 18 se evidencia que la población no realiza ninguna actividad para conservar el agua, ahorrarla o mitigar los impactos de las prácticas agrícolas, pecuarias y domésticas que generan contaminación en las fuentes hídricas, y no se han preocupado por realizar acercamientos con las autoridades encargadas para mantener los caudales y la calidad del agua, que es usada para los acueductos y para la producción agropecuaria de la vereda.

Se le preguntó a la comunidad del Guavio bajo si ellos tenían conocimiento sobre las ecotecnologías, el 90% de la población no tiene conocimiento de lo que significa la palabra ecotecnología, como se ve en la gráfica 19.



GRAFICA 19. Porcentaje de la población encuestada que sabe que son las ecotecnologías. (Fuente: el autor).

En la gráfica 20 se aprecia la respuesta de la comunidad cuando se le preguntó si ellos tenían conocimiento sobre la palabra fitorremediación, el 94% de la población no tiene conocimiento de los que significa la palabra.

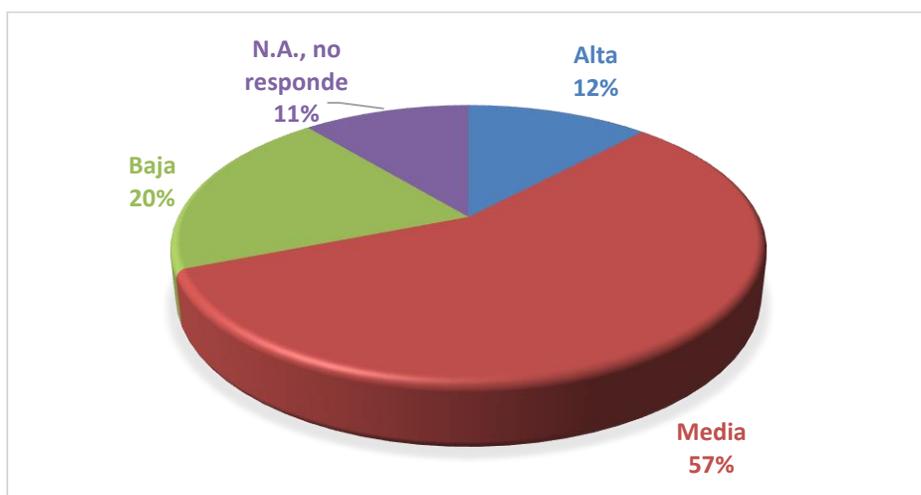


GRAFICA 20. Porcentaje de la población encuestada que sabe que es la fitorremediación. (Fuente: el autor).

Se indagó por el conocimiento que la comunidad posee acerca de las áreas cercanas a las fuentes hídricas para ello se le preguntó, a los pobladores si en los ríos o quebradas existían y protegían las barreras vivas aledañas a estos sitios

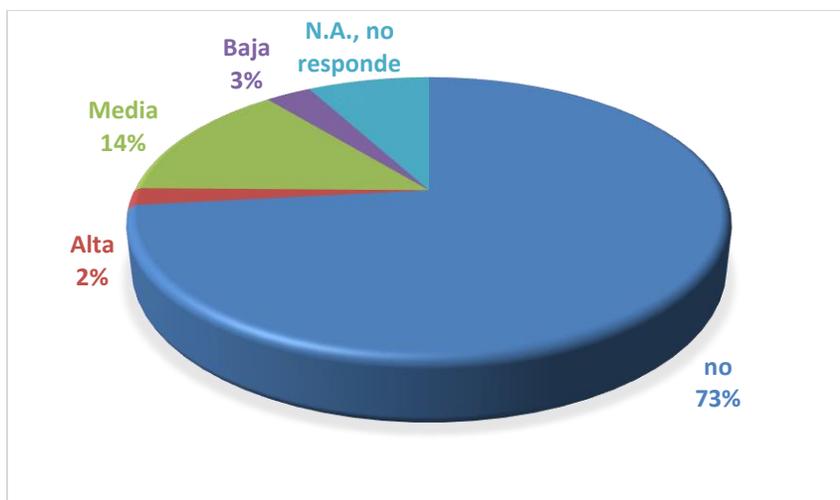
gráfica 21, la siguiente pregunta si sabían sobre las áreas protegidas gráfica 22 por último si realizaban conservación de las áreas rivereñas gráfica 23.

La grafica 21 muestra que el 57 % de la población considera que existe presencia media de barreras de vegetación en las fuentes hídricas o cerca a estas, el 12% considera que son altas y el 20 % que son bajas; lo que muestra que la población no conoce los sectores aledaños a las fuentes hídricas.



GRAFICA 21. Porcentaje de la población encuestada que tienen barreras de vegetación en las fuentes hídricas. (Fuente: el autor).

El 73% de la comunidad considera que las fuentes hídricas de la vereda no cuentan con áreas protegidas, lo que implica que se deben generar más planes de mitigación de las zonas aledañas a las fuentes hídricas que suplen la demanda de agua de este sector.



GRAFICA 22. Porcentaje de la población encuestada que dice que hay áreas protegidas en las fuentes hídricas de la comunidad. (Fuente: el autor).

Se deben aumentar los planes de mitigación de los corredores rivereños con el fin de aumentar las áreas protegidas y preservar las fuentes hídricas de la vereda.



GRAFICA 23. Porcentaje de la población encuestada que dice que existen corredores ribereños. (Fuente: el autor).

En general la muestra tomada de la población de la vereda evidencia un serio desconocimiento de técnicas de tratamiento de agua, así como también tiene poca información del potencial hídrico de la zona y lo más grave es que no disponen adecuadamente las aguas usadas como se ve en los resultados de la encuesta.

Las encuestas que se realizaron en campo como herramienta de diagnóstico del uso actual del recurso hídrico en la vereda Guavio Bajo, se aplicaron a través de cuestionarios mediante entrevista personal; según¹⁰⁹, Las entrevistas así realizadas presentan las siguientes ventajas:

- Al tener que contestar el entrevistado en el acto, se evitan las consultas o influencias de terceras personas.
- Al exigir menos esfuerzo por parte del entrevistado, el cuestionario puede ser más extenso.
- Mediante las entrevistas personales se consiguen los mayores porcentajes de respuesta a las preguntas (entre un 80 y un 85%).

Lo descrito por los autores se ve evidenciado en los datos que se recopilaron ya que la población encuestada brindó de manera amable y confiable la información que se solicitaba a través de la encuesta; para el trabajo de campo que se llevó a cabo, se usó como estrategia la autorización de la señora Mary Espinoza presidenta de la junta de acción comunal, y se le solicitó recomendar a una persona que conociera la vereda y a los habitantes para que guiara los recorridos, mostrara cuales eran los límites y permitiera un mejor acercamiento con los habitantes.

Este proceso de levantamiento de información se realizó con el apoyo de la docente coordinadora del área de extensión, sociología y desarrollo rural de la Universidad de Cundinamarca María Janeth Camargo, se contrató al señor Gregorio miembro de la junta de acción comunal (persona que fue recomendada para el proceso), a dos estudiantes de ingeniería electrónica de la Universidad de Cundinamarca y la autora del proyecto. Las cinco personas encuestadoras recorrieron todas las zonas veredales reconociendo, verificando y recopilando la información.

¹⁰⁹ CASAS, ANGUITA, REPULLO LABRADOR and DONADO CAMPOS. La encuesta como técnica de investigación. Elaboración de cuestionarios y tratamiento estadístico de los datos (I). *Atención Primaria* [en línea]. 2003, **31**(8), 527-538. ISSN 02126567. Disponible en: doi:10.1157/13047738

La encuesta es el instrumento cuantitativo y cualitativo que ayuda en la recolección de datos específicos de la fuente de estudio, acerca de las características ambientales, fenómenos y comportamientos sociales, que no son construibles en un laboratorio; lo que genera un autodiagnóstico de las áreas en la cuales se presentan problemas, permitiendo involucrar a la población en la toma de decisiones y convertirlos en agentes constructores del cambio, integrándolos en proyectos encaminados a mitigar los efectos de los procesos cotidianos que se desarrollan en la vereda por medio de la concientización de su entorno¹¹⁰.

Rodríguez y James¹¹¹ en su documento *La adaptación autónoma al cambio climático mediante el uso del sistema vetiver: una herramienta para la conservación del suelo y el desarrollo comunitario* expresan que el cambio climático trae consigo impactos ecológicos, económicos y sociales asociados al incremento de la temperatura, que se traducen en modificaciones de los patrones de precipitación, riesgos de sequía, reducción de los rendimientos de los cultivos, reducción de la oferta de agua, entre otros efectos, siendo más vulnerables las poblaciones rurales de los países en desarrollo. Cada uno de los impactos que se describen en el documento se evidenciaron en el periodo de sequía que se presentó durante el segundo periodo del 2015 y primer periodo del 2016, la vereda presentó un déficit hídrico, a sus pobladores les realizaron recortes del servicio del agua y los cultivos se vieron seriamente comprometidos, como consecuencia directa la granja de la universidad se vio en la necesidad de reducir las áreas de siembra asignadas para el desarrollo académico.

La falta de conservación de las fuentes hídricas, la baja cobertura de corredores rivereños, la poca regulación del gasto del agua y no tener alternativas de reúso de las aguas de escorrentía o residuales, conllevan a que en periodos críticos no se

¹¹⁰ CASAS ANGUITA, REPULLO LABRADOR and DONADO CAMPOS. La encuesta como técnica de investigación. Elaboración de cuestionarios y tratamiento estadístico de los datos (I). *Atención Primaria* [en línea]. 2003, **31**(8), 527-538. ISSN 02126567. Disponible en: doi:10.1157/13047738

¹¹¹ RODRIGUEZ PARISCA, Oscar and JAMES Smyle. La adaptación autónoma al cambio climático mediante el uso del sistema vetiver : una herramienta para la conservación del suelo y el desarrollo comunitario. 2005, (Vegetales, Venezuela-hidrocoberturas Mundial, Red), 1-13.

tengan alternativas sustentables que mitiguen los impactos del cambio climático y la disponibilidad de los recursos como fuentes básicas para el correcto desarrollo humano. Por eso se deben desarrollar proyectos basados en la educación ambiental, que permitan que la población rural tenga acceso a los conceptos y modelos sustentables, ecotecnológicos, como el sistema vetiver.

La ley colombiana contempla que se debe garantizar la calidad y la distribución equitativa del agua para satisfacer las necesidades básicas del ser humano. El recurso hídrico se considera como un bien económico y social, debido a los servicios ambientales y de abastecimiento para el uso como agua potable, y en las actividades productivas, como la agricultura y la industria, el precio por su consumo debería ser regulado de acuerdo a su disponibilidad¹¹², como se evidencia en la información recopilada de la vereda Guavio bajo, esta cuenta con dos acueductos y una captación de agua para uso agropecuario, pero estos no prestan un servicio de calidad para los habitantes, esto hace referencia a las características del servicio que el usuario recibe, e incluye la calidad del agua, cantidad, continuidad, el acceso y la satisfacción del usuario con el servicio recibido¹¹³.

7.2 Segunda fase: identificar los cambios percibidos por la comunidad de la vereda Guavio Bajo en los ecosistemas, el uso, manejo y la contaminación del recurso hídrico.

Por medio de la cartografía social realizada con los alumnos del grado once del colegio Guavio bajo y el taller efectuado con la comunidad, se logró identificar la percepción que ellos poseen de la vereda, de sus ecosistemas, del uso y manejo del agua.

¹¹² DÍAZ PULIDO, Angélica Paola, MUÑOZ MORENO, Diana Paola and OLAYA GONZÁLEZ Wilmar Rolando. Desarrollo sostenible y el agua como derecho en Colombia Sustainable Development and the Right to Water in Colombia. 2009, 11(1), 84-116.

¹¹³ SMITS STEF, Shirley, TAMAYO, Paola, IBARRA, Vanessa and ROJAS, Johnny. Gobernanza y sostenibilidad de los sistemas de agua potable y saneamiento rurales en Colombia. 2012, 120.

7.2.1 Percepción de los alumnos y comunidad de la vereda.

Aunque la totalidad de los alumnos con los que se efectuó la cartografía social anexo C, no hacen parte de la vereda, ellos también residen en áreas rurales aledañas y entienden la importancia de la conservación y el respeto por el medio ambiente.

En el taller realizado con la comunidad (anexo B y D listado de asistencia), se pudo evidenciar que ellos conocen y han evidenciado la transformación constante de la vereda por la intervención de los procesos agropecuarios que allí se desarrollan y que han conllevado a la pérdida parcial de los ecosistemas y fuentes hídricas que abastecen las necesidades de la comunidad, como se ve en la tabla 6.

Tabla 6. Percepción de la comunidad de su vereda.

PERCEPCIÓN	PROBLEMÁTICA ABORDADA	ACCIONES GENERADAS	PRODUCTOS
La comunidad no cuenta con un distrito de riego que supla las necesidades hídricas para el correcto desarrollo de sus actividades agropecuarias.	Disponibilidad de agua.	Talleres para conservar el recurso hídrico de la vereda.	Talleres de uso, manejo y conservación del agua.
La vereda no cuenta con agua potable.	Calidad del agua.	Implementación de eco tecnologías que mejoren la calidad del agua.	Talleres de fitorremediación.
Pocas fincas con pozos sépticos	Aguas de escorrentía	Implementación de eco tecnologías que mejoren la calidad del agua de escorrentías y técnicas que eviten la remoción en masa.	Talleres de fitorremediación.
Deforestación	Áreas aledañas a las fuentes hídricas sin vegetación	Talleres de concientización de la importancia de la protección y conservación de las fuentes hídricas	Talleres del agua uso manejo y conservación.

Los estudiantes del colegio Guavio bajo y la comunidad aún conservan tradiciones que permiten traspasar conocimientos ancestrales de padres a hijos, y de educadores a estudiantes como por ejemplo, las actividades que desarrollan los alumnos en el colegio, las cuales permiten que los padres de familia y vecinos se involucren en proyectos de huertas escolares, preparación de lombricompost, proyectos de conservación de orquídeas y actividades ambientales; Es así como el

saber tradicional se combina con la técnica, la investigación, la ciencia y la sabiduría de los adultos ,simultáneamente con la vitalidad y creatividad de los jóvenes para proponer soluciones a los problemas que enfrenta la comunidad.

La percepción de los estudiantes y de la comunidad es un aporte significativo al cambio y apropiación de metodologías que permitan mitigar y ejecutar planes de acción encaminados al mejoramiento y conservación del recurso hídrico realizando actividades que los involucren para mejorar la gestión ambiental de su entorno.

Soliz y Maldonado¹¹⁴, indican que la Investigación Acción Participativa se caracteriza por su postura de investigar para conocer más sobre los procesos que determinan los problemas, lo que se busca es conocer para comprender y comprender para transformar, es así como las comunidades involucradas son las encargadas de generar y transmitir la información para ser comprendida, estudiada y solucionada a partir de su propia estructura socioambiental, sin embargo el investigador debe conocer el contexto general de la comunidad objeto de estudio para evitar que se genere información que impida la concepción real de los problemas a tratar.

Mora y Jaramillo¹¹⁵, expresan la importancia de la cartografía para el hombre, dado que le da un soporte de su ubicación en el medio geográfico lo que significa identidad o pertenencia a un territorio, implicaciones sociales, culturales y ambientales que se derivan del punto central de las actividades que brindan el sustento y la seguridad para él y su núcleo familiar. Es decir, las relaciones entre el hombre y el medio geográfico son parte fundamental de su identidad de pueblo, de etnia o de nación, identificada y sustentada por un territorio. La cartografía social es el tipo de documento que pone en contacto al hombre con su espacio, y tiene un origen paralelo al de la escritura, que más que comunicar ideas abstractas

¹¹⁴ SOLIZ, Fernanda and MALDONADO, Adolfo. *Guía de metodologías comunitarias participativas*. 2012. ISBN 9789942110848.

¹¹⁵ MORA PÁEZ, Héctor and JARAMILLO, Carlos Marcelo. Aproximación a la construcción de cartografía social a través de la geomática. *Ventana Informática, Universidad de Manizales*. 2004, **11**(11), 129-146.

generales, representa elementos tangibles, como son los rasgos y características particulares de los detalles o lugares sobre la superficie y las relaciones que se derivan de la percepción propia de su entorno.

Es por esto que la cartografía social es un instrumento de gran utilidad que permite dilucidar los estilos de vida de una comunidad y los cambios que esta va a permitir que se desarrollen entorno a su cotidianidad. Las decisiones deben ser propuestas o ajustadas al entorno mediante el uso de la investigación participativa que permite conocer, comprender y transformar, y según la información recopilada en la vereda es un trabajo que debe incluir a los miembros jóvenes de las familias ya que están más dispuestos a experimentar y explorar nuevas tecnologías.

7.3 Tercera fase: generar conocimientos mediante un modelo educativo sobre el sistema vetiver, a partir de las experiencias recopiladas en la granja experimental la Esperanza.

7.3.1 el sistema vetiver, en la granja experimental la Esperanza.

Con el alumno Juan Pablo Ardila del programa de ingeniería agronómica, en el primer periodo académico del año 2015 se realizó el trabajo de grado *Determinación de las características físico químicas del agua y la eficacia del Sistema Vetiver como agente fito-rremediador en el lago de la granja la Esperanza*, tesis dirigida por la autora del presente documento.

Este trabajo se planteó como el insumo científico fundamental, para, mostrar como la ecotecnología basada en el sistema vetiver se adaptada a las condiciones agroecológicas y de contaminación que presenta la vereda Guavio Bajo y los beneficios que trae para la comunidad aledaña.

Se logró evidenciar que el sistema vetiver como ecotecnología fitorremediadora en el lago de la granja, disminuyó los sólidos disueltos totales, la Salinidad, los cloruros, el hierro, calcio, magnesio, SST, ST, sulfatos y amonio.

Se contrastaron los resultados obtenidos en el estudio microbiológico realizado por Lozano *et al*, 2014 citado por Ardila, donde se reportó la presencia de la bacteria *Escherichia coli* en el lago. Se observó inicialmente la presencia de la bacteria en el agua, se realizó la siembra en diferentes medios de cultivo, evidenciándose un cambio en la cantidad de colonias¹¹⁶.

Cabe resaltar que los datos solo se recolectaron por dos meses y que el lago tenía menos del 1% de cobertura con el sistema, contaba con filtros en la entrada del agua al lago, a pesar del poco tiempo se observó un cambio en la dinámica del lago en aspectos como el color del agua, el olor y proliferación de vida, en las últimas tomas de las muestras se vieron peces en el interior del lago.

7.3.1 Modelo educativo sobre el sistema vetiver, a partir de las experiencias recopiladas.

De acuerdo a la información que se recopiló en la fase uno y dos, se determinaron los temas para ser incluidos en el modelo pedagógico ecotecnológico basado en la fitorremediación, para mejorar la calidad del agua en la vereda Guavio Bajo.

Tema principal: EL AGUA.

- **Tema:** ¿Qué es el agua?
- **Preguntas orientadoras:**
 - ¿Cuál es la importancia del agua para el ser humano?
 - ¿Cuáles son las principales características del agua?
- **Objetivo:** definir el concepto del agua y la importancia para el ser humano.
- **Estrategia metodológica:** Aplicar coherentemente herramientas comunicativas en procesos de interacción social de forma directa y/o

¹¹⁶ ARDILA RODRIGUEZ, Juan. Determinación de las características físico químicas del agua y la eficacia del Sistema Vetiver como agente fito-rremediador en el lago de la granja la Esperanza. 2015, 1-94.

haciendo uso de medios y herramientas tecnológicas entre actores multiculturales orientados a un propósito común, con sentido crítico de la realidad y transformador del entorno, por medio de talleres.

- **Evaluación:** opinión de los participantes al taller y preguntas orales durante el desarrollo del contenido temático.

- **Tema:** Ciclo del agua y la importancia en los ecosistemas.

- **Preguntas orientadoras:**

¿Cómo influyen los ecosistemas en el ciclo biológico del agua?

¿Por qué se deben mantener las barreras vivas cerca de las fuentes hídricas?

¿Cómo influyen las acciones antrópicas en el ciclo del agua?

- **Objetivo:** Conocer el concepto del ciclo del agua y las implicaciones biológicas que este tiene en los ecosistemas.
- **Estrategia metodológica:** Identificar y analizar responsablemente los conceptos, funcionalidad y elementos biológicos del ciclo del agua en las actividades agropecuarias de las áreas rurales en Colombia. Integrar los conceptos a los sistemas ecológicos presentes en la vereda, por medio de talleres.
- **Evaluación:** opinión de los participantes al taller y preguntas orales durante el desarrollo del contenido temático.

- **Tema:** Propiedades Físicas y Químicas del agua.

- **Preguntas orientadoras:**

¿Por qué es importante conocer las propiedades del agua?

¿Cómo afectan las características físicas y químicas del agua en la salud del ser humano?

¿Estas propiedades del agua limitan la producción agrícola?

¿Cómo las propiedades físicas y químicas del agua afectan su calidad?

¿Las actividades humanas afectan estas propiedades?

- **Objetivo:** identificar cuáles son las principales propiedades físicas y químicas del agua.
- **Estrategias metodológicas:** Promover responsablemente el desarrollo sostenible de los sistemas de producción agrícola y pecuaria de la vereda, de manera ética, con compromiso sociocultural y ambiental, por medio de talleres.

Con los alumnos de grado once del colegio Guavio Bajo se realizó un laboratorio para determinar las características físicas del agua de la vereda, se dividieron en grupos de trabajo y cada uno llevo una muestra de agua de varios puntos estratégicos de la zona de estudio.

- **Evaluación:** opinión de los participantes al taller y preguntas orales durante el desarrollo del contenido temático.

- **Tema:** Uso del agua de acuerdo a su calidad.

- **Preguntas orientadoras:**

¿Cuál es la fuente de origen del agua?

¿Cómo se pueden identificar los cambios en la calidad del agua?

¿Qué actividades contaminan las fuentes hídricas?

¿Qué sistema de tratamiento de aguas existen?

¿Manejo de aguas residuales y su reusó?

- **Objetivo:** identificar los usos del agua de acuerdo a su calidad
- **Estrategias metodológicas:** Promover responsablemente el desarrollo sostenible de los sistemas de producción agrícola y pecuaria de la vereda, de manera ética, con compromiso sociocultural y ambiental, por medio de talleres.

Analizar responsable y eficientemente la información socializada relacionada con el uso del agua y el efecto que esta tiene en el desarrollo del sistema de producción agropecuario de la vereda, para la correspondiente toma de decisiones que conlleven al fortalecimiento, generación y apropiación del conocimiento en forma individual y grupal.

- **Evaluación:** opinión de los participantes al taller y preguntas orales durante el desarrollo del contenido temático.
- **Tema:** Disponibilidad de agua en la vereda.
- **Preguntas orientadoras:**
 - ¿Cuáles son las fuentes hídricas de la vereda?
 - ¿Cuáles son las características de esas fuentes hídricas?
 - ¿Los habitantes de la vereda cuidan las fuentes hídricas?
- **Objetivo:** identificar las fuentes hídricas de la vereda.
- **Estrategias metodológicas:** por medio de talleres, cartografía social y socialización de las encuestas, analizar responsable y eficientemente la información relacionada con el uso del agua y el efecto que esta tiene en el desarrollo del sistema de producción agropecuario de la vereda, para la correspondiente toma de decisiones que conlleven al fortalecimiento, generación y apropiación del conocimiento en forma individual y grupal.
- **Evaluación:** opinión de los participantes al taller y preguntas orales durante el desarrollo del contenido temático.

Tema principal: FITOTECNOLOGÍAS

- **Tema:** Fitorremediación.
- **Preguntas orientadoras:**
 - ¿Qué es la fitorremediación?
 - ¿Para qué sirve la fitorremediación?
 - ¿Cuáles, son las principales características de la fitorremediación?
 - ¿La fitorremediación, se puede implementar en cualquier zona?
 - ¿Qué componentes tiene la fitorremediación?
 - ¿Ventajas y desventajas de la fitorremediación?
- **Objetivo:** Definir el concepto de fitorremediación y sus usos.

- **Estrategia metodológica:** Planear, organizar, evaluar y ejecutar de manera pertinente propuestas tendientes a la solución de problemas, atención de necesidades, aprovechamiento racional de recursos, capacidades y potencialidades con el propósito de mejorar, reorganizar y formular alternativas viables y acordes con el desarrollo sostenible del sector agropecuario, por medio de talleres.

Discusión dirigida con los actores locales, sobre estudios de caso del concepto trabajado.

- **Evaluación:** opinión de los participantes al taller y preguntas orales durante el desarrollo del contenido temático.

- **Tema:** Ecotecnología.

- **Preguntas orientadoras:**

¿Qué son las ecotecnologías?

¿Para qué sirven?

¿Cuáles, son las principales características de las ecotecnologías?

¿Las ecotecnologías, se puede implementar en cualquier zona?

- **Objetivo:** Definir el concepto de ecotecnología y sus usos.
- **Estrategia metodológica:** Planear, organizar, evaluar y ejecutar de manera pertinente propuestas tendientes a la solución de problemas, atención de necesidades, aprovechamiento racional de recursos, capacidades y potencialidades con el propósito de mejorar, reorganizar y formular alternativas viables y acordes con el desarrollo sostenible del sector agropecuario, por medio de talleres.

Discusión dirigida con los actores locales, sobre estudios de caso del concepto trabajado.

- **Evaluación:** opinión de los participantes al taller y preguntas orales durante el desarrollo del contenido temático.

- **Tema:** Sistema Vetiver.
- **Preguntas orientadoras:**
 - ¿Qué es el sistema vetiver?
 - ¿Para qué sirve?
 - ¿Cuáles, son las principales características del sistema vetiver?
 - ¿El sistema vetiver, se puede implementar en cualquier zona?
 - ¿Cuáles son las ventajas y desventajas del sistema Vetiver?
- **Objetivo:** Definir que es el sistema vetiver.
- **Estrategia metodológica:** Planear, organizar, evaluar y ejecutar de manera pertinente propuestas tendientes a la solución de problemas, atención de necesidades, aprovechamiento racional de recursos, capacidades y potencialidades con el propósito de mejorar, reorganizar y formular alternativas viables y acordes con el desarrollo sostenible del sector agropecuario, por medio de talleres.

Discusión dirigida con los actores locales, sobre estudios de caso del concepto trabajado.
- **Evaluación:** opinión de los participantes al taller y preguntas orales durante el desarrollo del contenido temático.

Tema principal: FITORREMIEDIACIÓN CON EL SISTEMA VETIVER, EN LA GRANJA EXPERIMENTAL LA ESPERANZA.

- **Tema:** Proceso de Fitorremediación en el lago de la granja la Esperanza, para mejorar la calidad del agua.
- **Preguntas orientadoras:**
 - ¿Cómo funciona el modelo ecotecnológico basado en la fitorremediación con el sistema vetiver en el lago de la granja?
 - ¿Para qué sirve?
 - ¿Cómo se adaptó este modelo para la vereda Guavio Bajo?
 - ¿El sistema vetiver, fue eficiente en el lago de la granja?

¿Cuáles son las ventajas y desventajas del sistema Vetiver, en las condiciones agroecológicas de la granja la Esperanza?

- **Objetivo:** Socializar los resultados del proceso de investigación, basado en el sistema de fitorremediación con el sistema vetiver, que se desarrolló en la granja la Esperanza.
- **Estrategia metodológica:** Identificar, diagnosticar y evaluar adecuada y responsablemente los agentes que interactúen en los diferentes sistemas de producción agropecuaria para la formulación y aplicación de estrategias en la construcción de planes que mitiguen estos impactos en las fuentes hídricas.

Planear, organizar, evaluar y ejecutar de manera pertinente propuestas tendientes a la solución de problemas, atención de necesidades, aprovechamiento racional de recursos, capacidades y potencialidades con el propósito de mejorar, reorganizar y formular alternativas viables y acordes con el desarrollo sostenible del sector agropecuario, por medio de talleres.

Discusión dirigida con los actores locales, sobre estudios de caso del concepto trabajado.

- **Evaluación:** opinión de los participantes al taller y preguntas orales durante el desarrollo del contenido temático.

Con la aplicación de la herramienta pedagógica se logró establecer que al inicio de los talleres un 8% de la población encuestada tenía dominio del concepto de ecotecnología y un 3% del concepto de fitorremediación, y al finalizar los talleres el 100% de los asistentes a las capacitaciones manifestaban actitud positiva con los temas vistos y dominaban los conceptos de ecotecnología y fitorremediación.

Se puede afirmar que los porcentajes alcanzados son una evidencia de la evolución positiva de los actores locales, frente a la recepción de información nueva e interés por adaptar nuevos conceptos que beneficien los ecosistemas presentes en la zona de estudio.



Figura 15. Temas y estrategias pedagógicas utilizadas en los talleres (fuente: el autor).

7.3.3 Experiencias pedagógicas, sobre la socialización del sistema vetiver.

La figura 15. Ilustra el modelo pedagógico, los temas y estrategias didácticas usadas en los talleres de socialización de la información recopilada en campo por medio de las encuestas y en el proyecto de fitorremediación realizado en el lago de la granja la Esperanza.

Teniendo en cuenta los talleres realizados, sobre calidad del agua, características físico-químicas, socialización de la percepción de la comunidad de la vereda y la fitorremediación como modelo ecotecnológico para el manejo del agua, se les preguntó a los asistentes a los talleres sobre la percepción de los temas socializados (evaluación), como se muestra en la tabla 7.

Tabla 7. Opinión de la comunidad con respecto a la condición actual del recurso hídrico.

Opinión comunidad	Opinión estudiantes quinto y sexto semestre de ingeniería agronómica de la universidad de Cundinamarca.
"El distrito de riego para la vereda es muy importante por el problema que tenemos con el agua para los cultivos."	<p>"*Mayor incentivo a la comunidad con prácticas agropecuarias.</p> <p>*Aprovechamiento del agua que se desea purificar para no promover el mal uso y gastos innecesarios para realizar este proceso.</p> <p>*Debido a la deficiencia de agua, implementar alternativas donde se pueda recaudar y/o reutilizar el agua sin problemáticas.</p> <p>*Uso de ayudas audiovisuales para que la comunidad comprenda la metodología y los cambios que harían al implementar este proyecto."</p>
"Agua potable para consumo humano"	<p>"*Realizar controles de purificación del agua con diferentes plantas para mejorar las condiciones generales del agua.</p> <p>*Controles para que no se contaminen las diferentes fuentes de agua que se tienen.</p> <p>*Realizar controles en todos los puntos de captación para conocer las posibles soluciones para mejorar las condiciones de este recurso."</p>
"Establecer un sistema de aguas potable, para consumo humano."	<p>"* Capacitación en la conservación de fuentes hídricas.</p> <p>*Campaña de retroalimentación sobre la importancia de consumo de agua purificada."</p>
"Es importante que instituciones como la Universidad de Cundinamarca en pro de soluciones de contaminación en las cuencas de la vereda Guavio Bajo, preparen y realicen campañas de concientización tanto en los hogares como en las empresas (galpones, granjas, cultivos), sobre la	<p>*La Comunidad debe conocer un poco más el sistema utilizado en el acueducto para conocer que componentes y como es manejada su demanda hídrica ya que es la que satisface sus necesidades tanto aprovechable de consumo de irrigación a sus cultivos.</p>

<p>influencia y consecuencias de las actividades realizadas y cómo por medio de herramientas (bacterias purificadoras, pastos, etc) pueden mejorarse los niveles de contaminación en el agua."</p>	<p>*Implementar más prácticas alternativas de manejo fácil para purificar el agua. *Pasto vetiver. Sería bueno que la comunidad se informara más de este pasto para que se implementara en sus fuentes hídricas para mejorar la calidad de sus cultivos como para mejorar la calidad de agua potable para consumo"</p>
<p>"Sería importante la conducción de la toma por manguera para mejorar el servicio y ampliar la cobertura del servicio para riego y abrevadero. "</p>	<p>"No hay sistema de purificación de agua en el acueducto veredal."</p>
<p>"Filtración de agua y hacer talleres."</p>	<p>""*Generar un sistema de riego que logre abastecer las necesidades de los cultivos de las diferentes fincas. *Calidad de agua para consumo de vivienda y del cultivo. *Fitorremediación, elimina sólidos solubles mediante uso del pasto vetiver. *Primero se debe aclarar q la comunidad los problemas que tienen en su distrito de riego y en el efecto que tiene el consumo de aguas contaminadas. *Dar alternativas que permitan hacer un manejo de aguas residuales de las fincas afectadas. *Dar claridad del objetivo de la encuesta."</p>
<p>""*Ayudar en la organización de la administración de la toma del río Batán, el agua es para riego, ganadería, agricultura, etc; y se cobre una cuota mensual. * Un aplicativo para generar la participación en forma activa de la comunidad. *Concientizar a la comunidad de cerrar o mantener cerrado los grifos para evitar deslizamientos, inundaciones y desperdicios de agua; adecuaciones de pozos sépticos."</p>	<p>""*Es interesante conocer sobre este pasto para realizar filtros y mejorar la calidad del agua, tanto para la agricultura como para el consumo humano. *Sería muy bueno realizar este experimento con las fuentes hídricas de la comunidad. *Es importante pensar en nuestro ecosistema no solo en los beneficios del consumidor sino que el ecosistema sea primordial para realizar estos proyectos."</p>
<p>"José Herrera: La principal problemática, es el agua, que no tiene planta de tratamiento para consumo en ninguno de los 3 acueductos y deforestación de la zona."</p>	<p>""*Los agricultores no tienen o no implementan la purificación de agua. *Ni en verano ni en invierno tienen agua de calidad."</p>
<p>"Porque no hay coordinación entre las juntas comunales y un centro de enseñanza como en la universidad de Cundinamarca. Esperamos que esto mejore."</p>	<p>""*Cualquier persona puede implementar este proyecto en su finca."</p>
<p>"Me gustaría aprender a purificar el agua que es para consumo humano, con algunos métodos que sean fáciles y muy económicos de implementar; también me gustaría que nos dieran capacitaciones."</p>	<p>""*Es necesario proteger las fuentes hídricas ya que es necesario este recurso natural para la comunidad. *La comunidad tiene derecho a tener agua pura y en buen estado, por eso es buena idea empezar a implementar el proyecto en las fincas."</p>

En los talleres desarrollados con los estudiantes del grado 11 del colegio Guavio bajo, al finalizar la jornada se les preguntó la opinión sobre los temas vistos (evaluación), como se muestra en la tabla 8.

Tabla 8. Opinión de los estudiantes sobre los talleres.

Nombre del estudiante	Opinión
Gilbert Martínez Chingaté	Me gusto aprender de otra forma de purificación del agua utilizando plantas, llamada fitorremediación. Este nuevo método lo podemos implementar en nuestra zona de impacto, también en el colegio, las casas de nosotros mismos, también lo podemos utilizar como una práctica ecotecnológica para nuestro proyecto de grado.
Brayan Góngora	Interesante ya que nos enseñan cómo es verdaderamente el objetivo del agua y como tenemos que protegerla para que dure en nuestra sociedad, también nos explicaron con un aparato cómo se mide el pH, la conductividad, etc.
Nathalia Sierra	La charla me pareció interesante ya que los conocimientos que adquirí, me servirán en mi vida diaria, aparte de eso aprendí acerca de la fitorremediación, también la práctica estuvo muy interesante. Además conocí el extech un aparato de gran utilidad.
José Gómez	La actividad del día de hoy me pareció muy agradable por que conocimos como medir el nivel de contaminación del agua en los diferentes afluentes, también como utilizar ciertas plantas que reducen el nivel de contaminación del agua y es un gran apoyo para nuestro proyecto de grado.
Dayana Peralta	Si me gusto, me pareció muy interesante saber más sobre el agua que nos rodea, sus contaminantes y los que más afecta el agua por estos lugares. Dibujar los mapas y su ubicación hace que sepamos más sobre lo que más se trabaja y como se marcan los ríos y la carretera.
Doris Briceño	Me pareció interesante porque así aprendo en mi vereda a mirar el agua si está contaminada. Y lo de la fitorremediación es bueno para el agua, por que extrae todos los contaminantes y ayuda al agua estar fuera de contaminantes y estar limpia.
David Benavides	Si me gusto, ya que me parece importante porque en esta zona estas clases no son muy frecuentes y por esta razón tenemos muy poco conocimiento en el manejo de aguas, sus componentes, características por las cuales las fuentes hídricas se contaminan.
Johann Mora	Interesante porque es una manera fácil para poder tener un agua limpia y saludable, este recurso lo podemos usar a diario en nuestra vida cotidiana y podemos tener mucha agua en buen estado. También una buena manera de mejorar su pH.
Lorena Castellanos	Me pareció agradable ya que este conocimiento nos beneficia como institución y también es un aporte para nuestra comunidad ya que aprendemos a cómo solucionar problemas de contaminación de las fuentes hídricas. Y porque esto nos ayuda a tener información para nuestro proyecto de grado.
Leidy Soacha	Me pareció muy interesante ya que puede saber sobre el extech y poder saber sobre las distintas aguas de nuestro alrededor y saber cuál es la más contaminada y saber cómo se toman los distintos datos como el pH.
Nidia Yohanna Palacios	Si me pareció excelente la charla porque aprendí más sobre las aguas que hay en nuestra región también aprendí sobre el Extech que sirve para las muestras físicas químicas del agua, aprendí sobre el pH, el conductor, el SDT, la temperatura y la salinidad del río Batán, la quebrada y el agua cielo y otras aguas también, sobre la fitorremediación sobre plantas.
Lily Cifuentes Oyuela	La parece genial haber conocido la fitorremediación porque es una buena forma para descontaminar el agua, me parece que en nuestra zona es muy necesario para el agua ya que el agua de aquí está bastante contaminada y tienen demasiados residuos.
Marisol Rodríguez Orrego	Fue una clase interesante ya que podemos conocer un poco más de las aguas y adquirir mayor conocimiento y así mismo cuidar el medio ambiente y nuestra salud sabiendo llevar un buen manejo de las aguas. Se espera fortalecernos sobre esto y así poder compartir con otras personas lo aprendido.
Sebastián Duque	Me pareció excelente toda la información que nos brindaron ahí acerca de la fitorremediación ya que no sabía acerca del tema y me gustó mucho ya que empezare contándole a mis padres y conocidos para implementar esto en nuestros reservorios.

Carolina Chavarro	Me pareció muy interesante ya que esto se puede utilizar mucho por esta zona ya que aquí se presentan aguas contaminadas. Utilizarlo es muy eficiente ya que esto elimina la contaminación del agua dejándola en su totalidad limpia. Sería muy bueno tener micho de este pasto vetiver para colocarlo en los lagos de las zonas altas
Katherine Pinta	La actividad me pareció muy buena ya que aprendimos mucho sobre el agua la clase fue dinámica e importante.
Karen Bautista Ochoa	Me pareció muy bueno este experimento porque gracias a él pues existe una manera de purificar el agua y también generar vegetación. El proceso de laboratorio fue interesante porque aprendimos a medir características físico químicas del agua.

Por medio de las preguntas aplicadas, al finalizar cada taller se identificó, si el mensaje que se quería transmitir a los actores locales era comprendido y aceptado para ser aplicado, en los problemas que se identificaron en la vereda.

Para generar y adoptar el modelo pedagógico propuesto, se seleccionaron temas de interés y estrategias didácticas que permitieran transmitir y socializar la información, mediante un lenguaje sencillo, fácil de comprender y aplicable a sus necesidades.

Como insumo de estrategia pedagógica de enseñanza-aprendizaje, se elaboró una cartilla didáctica anexo E, sobre el sistema vetiver como ecotecnología fitorremediadora, a partir de las experiencias recopiladas en la granja de la Universidad de Cundinamarca.

Con la percepción de la comunidad acerca de los talleres y el interés que generó el modelo ecotecnológico basado en el sistema vetiver implementado en el lago de la granja la esperanza, se aprecia que el modelo de gestión ambiental basado en la fitorremediación con el pasto vetiver sirve como insumo educativo para la comunidad rural ya que es el producto de la investigación aplicada a las condiciones ambientales de la zona. Lo que permite generar dinámicas participativas y aplicadas a las necesidades actuales de la vereda Guavio bajo.

La gestión ambiental basada en la ecotecnología aplicada con el sistema vetiver se convierte en una herramienta que permite orientar a los participantes sobre metodologías aplicadas a la protección del medio ambiente, sus recursos naturales, las cuencas hidrográficas y la mitigación de los agentes contaminantes del agua, que usan para el desarrollo de sus actividades cotidianas. En esencia, la gestión ambiental genera procesos educativos, dinámicos, de fácil apropiación y ejecución por las comunidades rurales.

Desde la perspectiva pedagógica la cartilla se elaboró bajo el sustento teórico y el enfoque epistemológico. Según Ochoa, Pellegrini y Rosa¹¹⁷, en el documento Programa de Educación Ambiental: herramientas para la sustentabilidad agroambiental; El sustento teórico corresponde a las perspectivas del marco conceptual de la Educación Ambiental, que busca que el educando interaccione con los problemas de su realidad, para tomar partido, buscar soluciones y la ejecución de las acciones que logren solucionar los problemas ambientales más apremiantes para el desarrollo de sus actividades económicas; esta perspectiva está basada en el ambientalismo. Y la epistemológica, se basa en el paradigma de investigación acción participativa.

7.3.4 Análisis DOFA

Se presenta en la tabla 9, una relación de los factores internos y externos que incidieron en la recolección, procesamiento, análisis, elaboración del modelo educativo basado en el sistema vetiver y la divulgación de este con la comunidad del Guavio Bajo.

¹¹⁷ OCHOA, Alejandra, PELLEGRINI, Nila and REYES, Rosa. Programa de educación ambiental herramientas para la sustentabilidad agroambiental. *Revista investigación*. 2014, **38**, 201-214.

Tabla 9. Matriz DOFA

<p>Trabajo con la comunidad del Guavio Bajo</p>	<p>OPORTUNIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> • Necesidad de acceder a información sobre ecotecnologías para mejorar la calidad del agua. • Identificación de líderes para la ejecución del proyecto. • Interacción directa entre el colegio y comunidad. • Acceso a los espacios de la granja la Esperanza de la Universidad de Cundinamarca. 	<p>AMENAZAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Disponibilidad de tiempo de los actores locales. • Estado de las vías para poder acceder a la zona de trabajo. • Intervención de personas ajenas a la vereda, líderes negativos. • Desarticulación entre la comunidad y la universidad. • Conflictos internos dentro de los miembros de la junta de acción comunal.
<p>FORTALEZAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bajos costos del sistema vetiver y fácil mantenimiento. • Interactuar e involucrar a los líderes escépticos. • Trabajo avalado por la presidenta de la junta de acción comunal. • Recursos humanos, interdisciplinarios. • Contratar para ejecución de las encuestas a un miembro de la junta de acción comunal. • Trabajo de grado en fitorremediación realizado en la vereda. 	<p>ESTRATEGIAS FO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ampliar el conocimiento de la comunidad por medio de la implementación del modelo educativo basado en el sistema vetiver. • Capacitación de los actores locales. • Estar a la vanguardia con los modelos ecotecnológicos para mitigar el impacto ambiental en la vereda. 	<p>ESTRATEGIAS FA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dar a conocer las ventajas del sistema vetiver como ecotecnología fitorremediadora para mejorar las características fisicoquímicas del agua de la vereda. • Dar a conocer el modelo educativo que se generó con la información recopilada en la vereda.
<p>DEBILIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> • Poco conocimiento de los temas expuestos en los talleres. • Dificultad para cambiar hábitos de producción agropecuaria en la vereda. • Falta de seguimiento gubernamental para la adopción de sistemas de vertimiento de aguas residuales. 	<p>ESTRATEGIAS FO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Generar hábitos de buenas prácticas de producción, para generar menores impactos a las fuentes hídricas. • Seguimiento a los conceptos enseñados. 	<p>ESTRATEGIAS FA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Realizar inversión de capital, para mejorar la calidad del agua de la vereda. • Minimizar los costos de implementación de sistemas de purificación del agua. • Facilidad de adopción de nuevas ecotecnologías.

Dentro de los principales problemas para la ejecución del proyecto se encontró, la dificultad para ajustar las agendas, con el fin de lograr un mayor número de asistencia a los talleres, además las condiciones agro climatológicas no favorecieron la asistencia a estos.

Otra de las limitantes, es que del total de las empresas pecuarias presentes en la vereda solo una respondió la encuesta. Otras fincas, de uso agrícola se rehusaron a contestar la encuesta se justificaban que esta era para poner medidores en las fincas y regular el consumo del agua, situación con la que no estaban de acuerdo.

Una dificultad encontrada, era la de romper, la resistencia a trabajar con universidades y entidades gubernamentales, situación que se superó trabajando con el aval de la junta de acción comunal; la ventaja que presenta esta vereda radica en que la presidenta es una líder con un alto compromiso, credibilidad y honestidad, que busca de manera continua el bien común de todos los pobladores del Guavio bajo.

8 CONCLUSIONES

Las encuestas como método de recolección de datos permitieron captar la percepción de los actores locales de la vereda Guavio Bajo, logrando identificar los problemas reales presentes en la comunidad evidenciando la necesidad de mejorar, mantener y distribuir de manera equitativa el recurso hídrico dentro de sus pobladores.

Se evidenció que la comunidad no cuenta con un sistema de acueducto apropiado, que supla las necesidades actuales de los pobladores para el desarrollo de sus actividades agrícolas, pecuarias o de uso doméstico. Se encontraron falencias entorno al manejo del recurso hídrico, además de una baja interacción con la academia lo que ha impedido establecer alternativas de manejo de las aguas residuales generadas por las diferentes actividades desarrolladas en la vereda.

La ecotecnología basada en el sistema vetiver mejoró las características físico-químicas del agua del lago como se pudo evidenciar durante la prueba piloto. Estas evidencias sumadas al análisis de la información y su respectiva socialización a la comunidad pueden derivar en un futuro al establecimiento de un modelo pedagógico que tenga la capacidad de adaptarse a las condiciones agroecológicas de la vereda.

9 RECOMENDACIONES

Se recomienda, seguir generando espacios de educación, basados en modelos investigativos que generen alternativas reales a las problemáticas que se presentan en las comunidades rurales por medio de la participación de los actores locales que contribuyan en el diseño, planeación y ejecución de actividades de gestión ambiental.

Se sugiere la integración de la comunidad con la academia y las entidades gubernamentales para la implementación, de las ecotecnologías en las zonas rurales que lo requieran.

Se debe divulgar a más sectores rurales, la gestión ambiental basada en la ecotecnología aplicada en el sistema vetiver.

Se debe seguir con la capacitación de los actores locales sobre metodologías aplicadas a la protección del medio ambiente, sus recursos naturales, las cuencas hidrográficas y la mitigación de los agentes contaminantes del agua que usan para el desarrollo de sus actividades cotidianas

Mantener la participación de la comunidad en los procesos de gestión ambiental ya que de ellos depende la apropiación e implementación de conceptos y tecnologías que permitan la mitigación de los procesos de degradación de los ecosistemas aledaños de las fuentes hídricas presentes en los sectores rurales.

Generar acercamientos con el colegio Guavio bajo y el programa de ingeniería agronómica de la universidad de Cundinamarca, con el fin de incluir en el Proyecto Ambiental Escolar (PRAE) y en el Proyecto Ambiental Universitario (PRAU) el modelo pedagógico ecotecnológico basado en la fitorremediación, para mejorar la calidad del recurso hídrico.

10 BIBLIOGRAFÍA

ACUERDO Y PLAN DE DESARROLLO FUSAGASUGA. acuerdo No. 037 DE 2012 PLAN DE DESARROLLO 2012-2015. 2015, **2012**(37), 1-126.

AGUDELO BETANCUR, Lina Marcela, MACIAS MAZO, Karina, and SUÁREZ MENDOZA, José Alfredo. Fitorremediación: la alternativa para absorber metales pesados de los biosólidos. *Revista Lasallista de Investigación*. 2005, **2**(1), 57-60. ISSN 17944449.

ALARCON, Diana and MARTÍNEZ, Damián. Plan Parcial Zona Suburbana No. 3 Diagnóstico 1. sin fecha, (3), 37-155.

ALCALDIA DE FUSAGASUGA. Diagnóstico del Municipio de Fusagasugá - Generalidades. *Diagnostico municipio de Fusagasugá* [en línea]. 2010. Disponible en: <http://www.fusagasuga-cundinamarca.gov.co/37594>.

ALCALDIA MUNICIPAL DE FUSAGASUGÁ. Informe De Gestión 2015 Plan De Desarrollo Fusagasugá. 2015.

ARDILA, RODRIGUEZ, Juan. Determinación de las características físico químicas del agua y la eficacia del Sistema Vetiver como agente fito-rremediador en el lago de la granja la Esperanza. 2015, 1-94.

AREVALO D., LOZANO J.,and SABOGAL J. Estudio nacional de Huella Hídrica Colombia Sector Agrícola. Revista sostenibilidad tecnología y humanismo. *UNESCO*. 2011.

ARGOTA PÉREZ, George, ENCINA CÁCERES, Malú, ARGOTA COELLO, Humberto and IANNACONE, José. Coeficientes biológicos de fitorremediación de suelos expuestos a plomo y cadmio utilizando *Alopecurus magellanicus* var. *bracteatus* y *Muhlenbergia angustata* (Poaceae), Puno, Perú. *The Biologist* [en línea]. 2014, **12**(1), 99-108. Disponible en: doi:ISSN 1994-9073.

BARNARD, S., V. DIEDERICKS y K. R. CONRADIE. Genetic diversity of vetiver isolates (*Chrysopogon zizanioides/nigritanus*) available in South Africa based on ITS, ndhF and rbcL sequencing analyses. *South African Journal of Botany* [en línea]. 2013, **86**, 63-67. ISSN 02546299. Disponible en: doi:10.1016/j.sajb.2013.02.005

CALERO DE LA PAZ, Geisha and PUENTES PÉREZ, Adelaida Benita . tratamiento de la educación ambiental mediante acciones educativas, un camino hacia el desarrollo sostenible. sin fecha.

CALERO DE LA PAZ, Geisha and PUENTES PÉREZ, Adelaida Benita . Tratamiento de la educación ambiental mediante acciones educativas, un camino hacia el desarrollo sostenible. sin fecha.

CÁRDENAS GRAJALES, Gloria Ines. Investigación Participativa con agricultores: Una opción de Organización Social Campesina para la consolidación de procesos agroecológicos. *Revista Luna Azul* [en línea]. 2009, (29), 95-102. ISSN 1697-2473. Disponible en: doi:10.1007/s13398-014-0173-7.2.

CARRILLO NIQUETE, Gerardo, ANDRADE, José Luis, HERNANDEZ TERRONES Laura and COBOS GASCA, Víctor. La fitorremediación: una opción limpia para un problema sucio! 2015, 22-27.

CASAS, ANGUITA, REPULLO LABRADOR and DONADO CAMPOS. La encuesta como técnica de investigación. Elaboración de cuestionarios y tratamiento estadístico de los datos (I). *Atención Primaria* [en línea]. 2003, **31**(8), 527-538. ISSN 02126567. Disponible en: doi:10.1157/13047738.

CASTRO MÉNDEZ, Carlos . Edafografía de Fusagasugá. *Edaphography*. sin fecha, **14**, 161-180.

CENICAFÉ and PUERTA QUINTERO. La inocuidad y calidad del café requiere de agua potable para su beneficio y preparación de la bebida. 2015, 1-11.

CICH. Una Estrategia Integral de Educación y Comunicación Ambiental para la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá. 2004, 1-70.

CONGRESO DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA, la ministra de ambiente, el presidente de la republica de Colombia y Municipio de Fusagasuga. Diagnóstico del Municipio de Fusagasugá - Generalidades. *Meta*. 2005, **4**(January), 61.

CONGRESO DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA. Ley 373 de 1997. 1997, **1997**(43), 6.

CONTRERAS PACHECO, Juan Carlos, GÓMEZ VÁSQUEZ, GONZALO and BARRERO TAPIAS, Gabriel. El desafío de las comunidades artesanales rurales una propuesta ecotecnologica para una artesanía. *Acta Agronómica*. 2009, **58**(3), 206-220.

DANH, L., TRUONG, P., MAMMUCARI, R., FOSTER, N. Extraction of vetiver essential oil by ethanol-modified supercritical carbon dioxide. *Chemical Engineering Journal*. 2010, **165**(1), 26-34.

DAS, Padmini, Rupali DATTA, Konstantinos C. MAKRIS y Dibyendu SARKAR. Vetiver grass is capable of removing TNT from soil in the presence of urea. *Environmental Pollution* [en línea]. 2010, **158**(5), 1980-1983. ISSN 02697491. Disponible en: doi:10.1016/j.envpol.2009.12.011.

DE LA ROSA, Maria Guadalupe. Fitorremediación. <http://quimica.ugto.mx/revista>. 2006, **1**(2), 28-33.

DELGADILLO LÓPEZ, Angélica Evelin and GONZÁLEZ RAMÍREZ, César Abelardo. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 14 (2011): 597- 612. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 2011, **14**, 597-612. ISSN 1870-0462.

DÍAZ MENDOZA, Claudia. Alternativas para el control de la erosión mediante el uso de coberturas convencionales, no convencionales y revegetalización. *Ingeniería e Investigación*. 2011, **31**(3), 80-90. ISSN 0120-5609.

DÍAZ PULIDO, Angélica Paola, MUÑOZ MORENO, Diana Paola and OLAYA GONZÁLEZ Wilmar Rolando. Desarrollo sostenible y el agua como derecho en Colombia Sustainable Development and the Right to Water in Colombia. 2009, **11**(1), 84-116.

EIZAGUIRRE Marlen., ZABALA Néstor. Diccionario de Acción Humanitaria y Cooperación al Desarrollo. 2000.

FALS-BORDA, Orlando and RODRIGUEZ-BRANDAO, C. Investigación Participativa. 2002.

HENAO SALAZAR, Alejandro, ALTIERI, Miguel Ángel and NICHOLLS ESTRADA, Clara Inés. Herramienta didáctica para evaluar y manejar sistemas resilientes. 2015, (January), 61.

JADIA C and FULEKAR, M.H. Phytoremediation of heavy metals: Recent techniques. *African journal of biotechnology* [en línea]. 2009, **8**(6), 921-928. ISSN 1684-5315. Disponible en: doi:10.4314/ajb.v8i6.59987.

KHIARI Z., MAKRIS D and KEFALAS P. An investigation on the recovery of antioxidant phenolics from onion solid wastes employing water/ethanol-based solvent systems. *Food and Bioprocess Technology*. 2009, **2**(4), 337-343.

LACERDA COBRA, Rafael, VILELA DE ANDRADE PINTO, Lilian, SOUZA, Rafael Xavier, MOTTA PEREIRA, Michender Werison and PEREIRA, Ademir José. Resistência à penetração do solo de uma encosta: efeitos de espaçamento de plantio e idade da gramínea Vetiver. *Revista Agrogeoambiental*. 2012, **4**(2). ISSN 2316-1817.

LAVANIA, U C. Other Uses , and Utilization of Vetiver : Vetiver Oil. 2003, 486-491.

LÁZARO, Marila, TRIMBLE, Micaela, UMPIÉRREZ, Alejandra, VASQUEZ, Ana and Gustavo PEREIRA. *Juicios Ciudadanos en Uruguay. Dos experiencias de participación pública deliberativa en ciencia y tecnología*. 2013. ISBN 9789974010000.

LEDEZMA OCHOA, Alejandra and REYES GIL, Rosa. Programa de Educación Ambiental: herramientas para la sustentabilidad agroambiental Environmental Education Program : tools for agrienvironmental sustainabilit. 2014, **38**, 201-214.

LIAO, Xindi, LUO, Shiming, WU, Yinbao and WANG, Zhisun. Studies on the Abilities of *Vetiveria zizanioides* and *Cyperus alternifolius* for Pig Farm Wastewater Treatment *. 2003, 6-9.

LLUGANY OLLÉ, Mercè, TOLRÀ PÉREZ, Roser, POSCHENRIEDER WIENS, Charlotte and BARCELÓ COLL, Joan. Hiperacumulación de metales : ¿ una ventaja para la planta y para el hombre ? *Ecosistemas* [en línea]. 2007, **16**(2), 4-9. ISSN 1697-2473. Disponible en: doi:10.7818/re.2014.16-2.00.

LONDOÑO PÉREZ, RUBÉN and PARRA MARTÍNEZ, Yanneth. Manejo de vertimientos y desechos en Colombia. Una visión general. *Revista Épsilon* Nº. 2007, **9**, 89-104. ISSN 1692-1259.

LUNA SUÁREZ, Karina Marbel, LOVERA ZACARÍAS, Marielinis José and VILORIA QUINTANA, Yusbeli Yohana. PROGRAMA DE CAPACITACIÓN PARA EL MANTENIMIENTO HÍDRICO Y NUTRITIVO DE LOS SUELOS, POR MEDIO DEL USO DEL PASTO VETIVER. 2016, 1-80.

MARRERO COTO, Jeannette, AMORES SÁNCHEZ Isis and COTO PÉREZ Orquídea. Fitorremediación, una tecnología que involucra a plantas y microorganismos en el saneamiento ambiental. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar* [en línea]. 2012, **46**(3), 52-71. ISSN 0138-6204. Disponible en: doi:ISSN: 0138-6204

MÉNDEZ, Ernesto, BACON, Christopher M, and COHEN, Roseann. Community Agroecology NETWORK y Santa CRUZ. La Agroecología Como Un Enfoque Transdisciplinar , Participativo Y Orientado a La Acción 1. 2013, **8**(2), 9-18.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO. Decreto 3990 de 2010. *MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL*. 2010, 29.

MIRANDA, Diego, CARRANZA, Carlos, ROJAS, Carlos Andres, JEREZ, Carlos Martín, FISCHER, Gerhard, ZURITA, Jorge. *Acumulación de metales pesados en suelo y plantas de cuatro cultivos hortícolas, regados con agua del río Bogotá*. 2008, **2**(revista colombiana de ciencias hortícolas), 180-191.

MONTEIRO, Juliana M., VOLLÚ, Renata E., COELHO, M. R R FONSECA, Adriano, GOMES NETO, Sérgio Costa and SELDIN, Lucy. Bacterial communities within the rhizosphere and roots of vetiver (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty) sampled at different growth stages. *European Journal of Soil Biology* [en línea]. 2011, **47**(4), 236-242. ISSN 11645563. Disponible en: doi:10.1016/j.ejsobi.2011.05.006.

MORA, PÁEZ, Héctor and JARAMILLO, Carlos Marcelo. Aproximación a la construcción de cartografía social a través de la geomática. *Ventana Informática, Universidad de Manizales*. 2004, **11**(11), 129-146.

NÚÑEZ, MEAS, ORTEGA and OLGUIN. Fitorremediación: fundamentos y aplicaciones. *Ciencia. Revista de la Academia Mexicana*. 2004, 69-83.

OCHOA, Alejandra, PELLEGRINI, Nila and REYES, Rosa. Programa de educación ambiental herramientas para la sustentabilidad agroambiental. *Revista investigación*. 2014, **38**, 201-214.

ORJUELA, Luz Consuelo, SALDARRIAGA, Gabriel, GARCÍA, Martha and WILCHES, Hernando. Calidad Del Agua Superficial En Colombia. *Estudio Nacional del Agua*. 2010, 409.

ORTIZ, Jorge Adrian, MASERA, Omar Raul and FUENTES, Alfredo Fernando. *La ecotecnología*. 2014. ISBN 9786078389032.

PALTA PRADO, Giovani Hernán and MORALES VELASCO, Sandra. fitodepuración de aguas residuales domesticas con poaceas: brachiaria mutica , pennisetum purpureum y panicum maximun en el municipio domestic wastewater phytodepuration with poaceas: brachiaria mutica , panicum maximum and pennisetum purpureum in popay. 2013, **11**(2), 57-65. ISSN 1692-3561.

PEÑA SALAMANCA, Enrique, MADERA PARRA, Carlos, SANCHEZ, Jesús and MEDINA VÁSQUEZ, Javier. Biospecting of native plants for their use in bioremediation process - Heliconia psittacorum case (HELICONIACEAE). *Revista Académica Colombiana de Ciencias*. 2013, **XXXVII**(0370-3908), 469-481. ISSN 0370-3908.

PINEDA HERNÁNDEZ, Rosario. *Presencia de hongos micorrízicos arbusculares y contribución de Glomus intraradices en la absorción y translocación de cinc y cobre en girasol (Helianthus annuus L.) crecido en un suelo contaminado con residuos de mina*. B.m., 2004. b.n.

Presidencia de la republica. Decreto 2811 del 18 de diciembre de 1974. 16. 1974.

RAE, Real Academia de la Lengua Española. Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española. *Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española*. 2016.

RENGIFO RENGIFO, Beatriz Andrea, Liliana QUITIAQUEZ SEGURA y Francisco Javier MORA CÓRDOBA. La educación ambiental una estrategia pedagógica que contribuye a la solución de la problemática ambiental en Colombia. *XII Coloquio internacional de Geocrítica*. 2012, 1-16.

RODRIGUEZ PARISCA, Oscar and JAMES Smyle. La adaptación autónoma al cambio climático mediante el uso del sistema vetiver: una herramienta para la conservación del suelo y el desarrollo comunitario. 2005, (Vegetales, Venezuela-hidrocoberturas Mundial, Red), 1-13.

RODRIGUEZ, Aliana, ROBOLLEÑO, Carmen and ESCALONA, Yordanis. El uso el cultivo vetiver (*chrysopogon zizanioides*), una alternativa para el desarrollo sostenible. 2015, **36**(Revista digital de Medio Ambiente « Ojeando la agenda »), 23-40.

ROONGTANAKIAT N., OSOTSAPAR Y., Yindiram C. Influence of heavy metals and soil amendments on vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) grown in zinc mine soil. *Kasetsart J.(Nat. Sci.)*. 2009.

SALAMANDO, Elizabeth. *modelo de gestion para proyectos ambientales escolares PRAE- en el núcleo educativo #2 de la ciudad de Pereira*. 2012.

SÁNCHEZ GARCÍA, Jenny Andrea and GÓMEZ AGUILAR, Dora Luz. Desarrollo de competencias científicas - investigativas en docentes en formación a partir de la fitorremediación de Cromo (VI). sin fecha, (Universidad Pedagógica Nacional).

SEPULVEDA, Niza. Desarrollo de un protocolo para la rizofiltración de efluentes contaminados con mercurio mediante la aplicación de filtros vegetales con la especie vetiver (*Vetiveria zizainodes*). 2013, 0-115.

SINGH R., NARZARY D., BHARDWAJ J., SINGH A., Kumar S. Molecular diversity and SSR transferability studies in Vetiver grass (*Vetiveria zizanioides* L. Nash). *Industrial Crops and Products*. 2014, **53**(187-198).

SINGHAKANT C, KOOTTATEP T, Satayavivad J. Enhanced arsenic removals through plant interactions in subsurface-flow constructed wetlands. *J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng*. 2009.

SMITS STEF, Shirley, TAMAYO, Paola, IBARRA, Vanessa and ROJAS, Johnny. Gobernanza y sostenibilidad de los sistemas de agua potable y saneamiento rurales en Colombia. 2012, 120.

SOLIZ, Fernanda and MALDONADO, Adolfo. *Guía de metodologías comunitarias participativas*. 2012. ISBN 9789942110848.

TRUONG, Paul, ARTEAGA, Mayra, GARCÉS, Nelson, GURIDIS, Fernando and PINO, José. Una revisión sobre indicadores integradores para evaluar el impacto de

las sustancias húmicas sobre el sistema suelo-agua de lixiviación (I). *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*. 2014, **23**(3), 83-88.

TROUNG, PAUL and THAI, Luu. Vetiver system for improving water quality (Spanish). *Journal of Chemical Information and Modeling* [en línea]. 2015, **53**(Segunda Edición), 1689-1699. ISSN 1098-6596. Disponible en: doi:10.1017/CBO9781107415324.004

TRUONG, Paul y TRAN TAN VAN. Vetiver System Applications- Technical Reference Manual. *Network*. 2008, 126.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA FACULTAD DE ARTES y CENTRO DE EXTENSIÓN. ACADÉMICA. PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL PARTICIPATIVO MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ. 2014, (7).

YE, M., SUN, M., LIU, Z., NI, N., CHEN, Y., GU, C. Evaluation of enhanced soil washing process and phytoremediation with maize oil, carboxymethyl- β -cyclodextrin, and vetiver grass for the recovery of organochlorine pesticides and heavy metals from a pesticide factory site. *Journal of environmental management*. 2014, **141**, 161-168.

11 ANEXOS



UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
Facultad de Ciencias Agropecuarias

NOMBRE: _____ CC. _____
 VEREDA: _____ NOMBRE FINCA: _____
 COORDENADAS: _____ Número Catastral _____
 TENENCIA: _____ ÁREA FINCA: _____
 REALIZADO POR: _____ FECHA: _____

1. ¿Cuáles son los principales cultivos que usted produce y que área de cada uno tiene?

2. ¿De dónde proviene el agua que utiliza en su finca?

- a) Río _____
 b) Quebrada _____
 c) Nacedero _____
 d) Pozo Profundo _____
 e) Acueducto ~~veredal~~ _____

3. ¿El acueducto ~~veredal~~ cuenta con sistema de purificación del agua?

NO SI ¿Cuál? _____

4. ¿Conoce usted algún sistema de purificación del agua?

NO SI ¿Cuál? _____

5. ¿Cree usted que el agua, que está en su finca es óptima para el consumo humano?

NO SI ¿Por qué? _____

6. ¿Sabe cuál es la diferencia entre agua potable y agua para el consumo humano?

NO SI ¿Cuál? _____

7. Conoce cuales son las características que debe tener el agua de buena calidad?

NO SI ¿Cuáles? _____

8. Tiene algún tipo de reservorio de agua en la finca?

- a) Tanque plástico. _____ ¿Capacidad? _____ Lt
 b) Casquete esférico. _____ M³ _____
 c) Tanque en mampostería _____ M³ _____
 d) Lago _____
 e) Otro _____

9. ¿Cómo calcula la cantidad de agua que usa en su finca?

10. ¿Usted cuenta con concesión de agua en su finca?

NO SI

11. ¿Existe medidor o contador de agua en su finca?

NO SI ¿Cuál es el consumo al mes? _____

12. ¿Le da tratamiento a las aguas residuales o servidas?
 NO SI ¿Cuál? _____
13. ¿Hace alguna actividad para cuidar las fuentes hídricas de su zona?
 NO SI ¿Cuál? _____
14. Considera que la cantidad de agua que llega a su finca es:
 a) Suficiente _____
 b) Deficiente _____
15. ¿Qué sistemas de producción caracterizan el entorno de la finca?
 a) Agrícola. _____ ¿Qué tipo? _____
 b) Pecuaria. _____ ¿Qué tipo? _____
 c) Minera. _____ ¿Qué tipo? _____
 d) Maderera. _____ ¿Qué tipo? _____
 e) Recreación. _____ ¿Qué tipo? _____
 f) Bosques. _____ ¿Qué tipo? _____
 g) Otros. _____ ¿Qué tipo? _____
16. ¿Si tuviera agua de manera permanente, aumentaría el área agropecuaria?
 Especifique que implementaría.
 NO SI ¿Cuál? _____
17. Cuáles de las actividades que se realizan en la vereda contaminan las fuentes hídricas?
 a) Industria _____
 b) Agricultura _____
 c) Ganadería _____
 d) Avicultura _____
 e) Porcicultura _____
18. ¿Conoce usted alguna institución que trabajé en prevención de los efectos de la contaminación de fuentes hídricas en su municipio?
 NO SI ¿Cuál? _____
19. ¿Esta institución ha dado alguna recomendación?
 NO SI ¿Cuál? _____
20. ¿Cómo considera esa recomendación?

21. ¿Pertenece a alguna asociación o grupo que conserve los recursos hídricos?
 NO SI ¿Cuál? _____
22. ¿En su comunidad existen trabajos dirigidos a la prevención y conservación del agua?
 SI NO ¿Cuál? _____
23. ¿Usted sabe que son las ~~ecotecnologías~~ **ecotecnologías**?
 SI NO ¿Cuál? _____
24. ¿Usted sabe que es la fitorremediación?
 SI NO

ANEXO A. Encuesta aplicada a la comunidad primera fase.

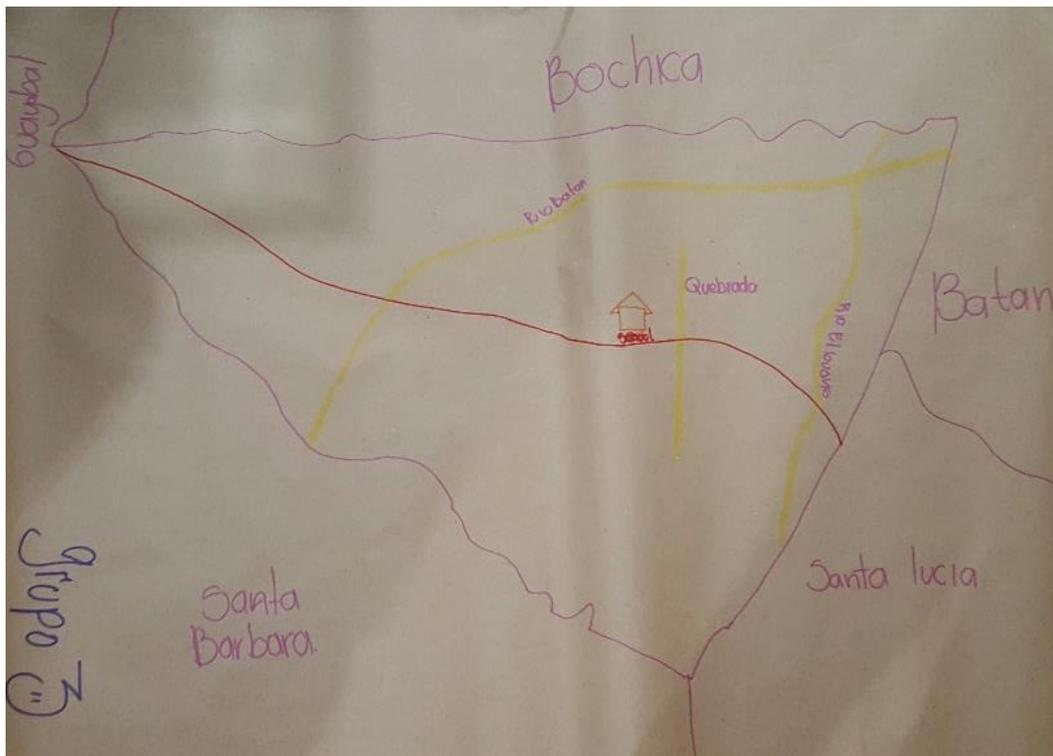
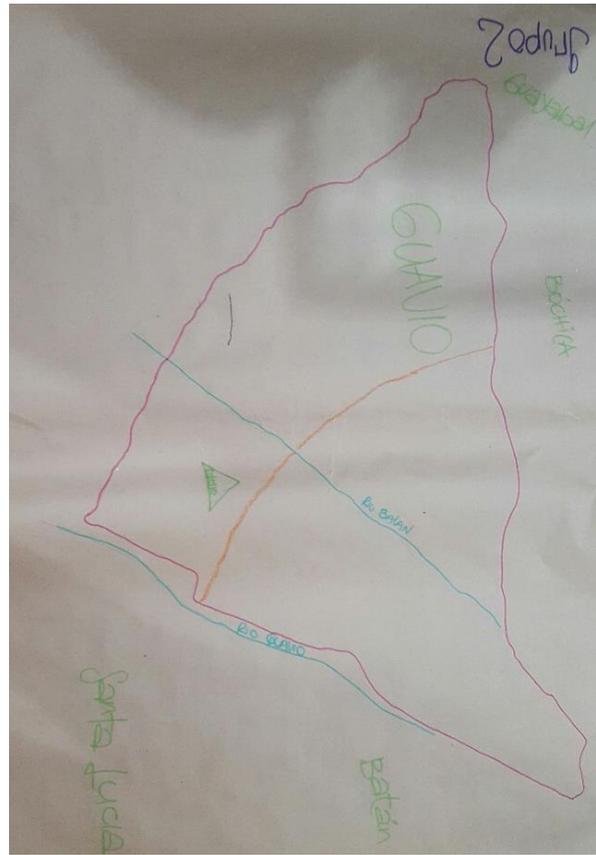
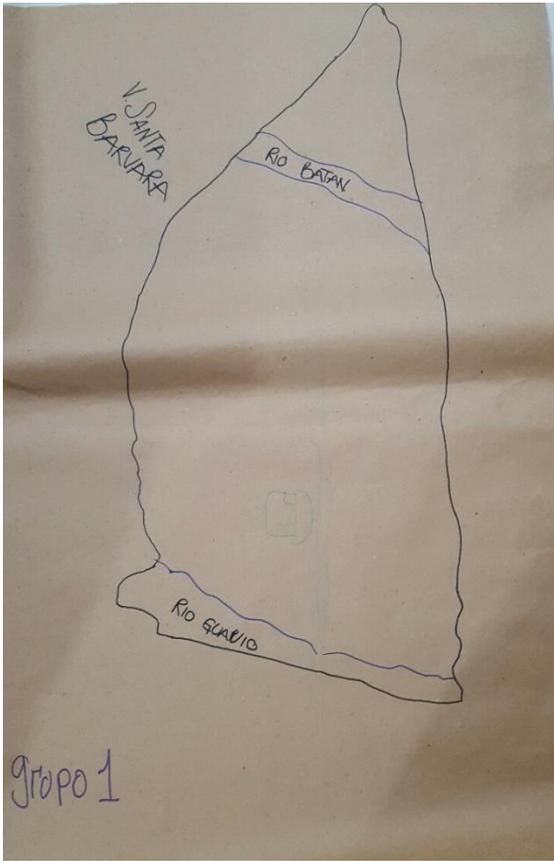
	MACROPROCESO MISIONAL	CODIGO: MEXF014
	PROCESO GESTION EXTENSION UNIVERSITARIA	VERSION: 2
	CONTROL DE ASISTENCIA	PAGINA: 1 de 2

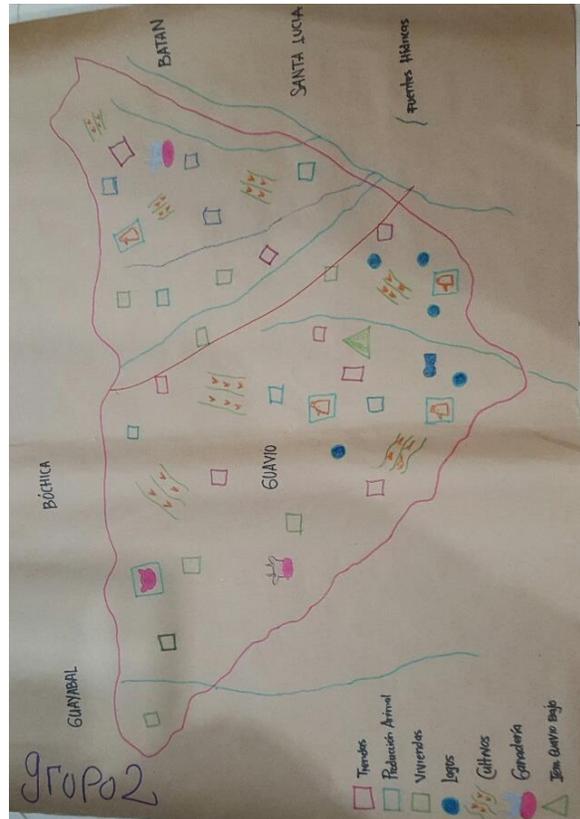
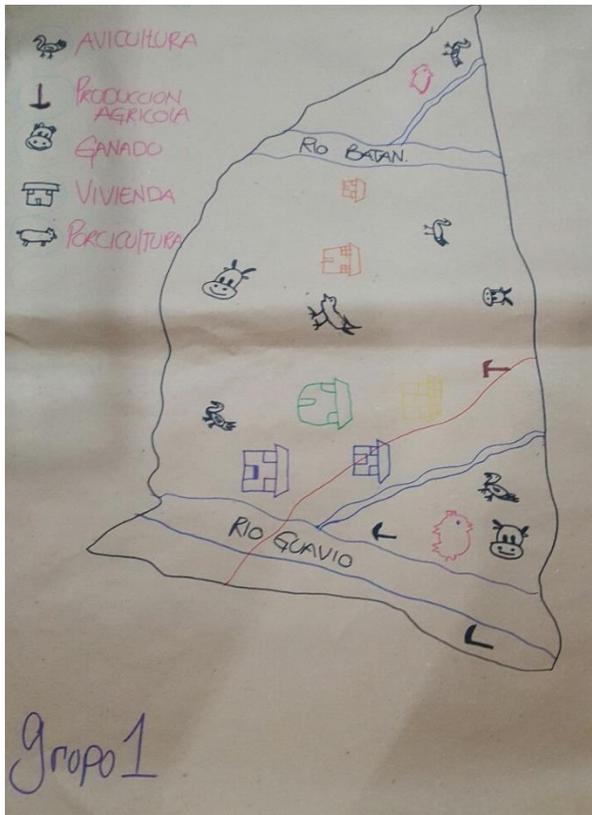
OCUPACION		NOMBRE ASISTENTE	NUMERO DE IDENTIFICACION	NOMBRE DE SU EMPRESA O INSTITUCION	CORREO ELECTRONICO	TELEFONO	FIRMA
#	EMPLEADO EMPRESARIO ESTUDIANTE						
1	X	Nidia Akhanna Pablos	9810244133		pjobana422@gmail.com	3196260626	Nidia Pab.
2	X	Georap SORIAS e	9910250330		GeorapSorias@gmail.com	3115555555	Georap
3	X	NATHALIA SIERRA ROMERO	100725641		NathaliaSierra@gmail.com	3107590738	Nathalia
4	X	MARISOL RODRIGUEZ ORE	9910250330		marisoloro@gmail.com	3057607578	Marisol
5	X	Lily C. Fuentes Oyuela	9907180188		Lily2301fu@gmail.com	324455128	Lily C. Fuentes
6	X	Gilbert Martínez Chingale	9912250725		gilbertmartinez@gmail.com	- - - - -	Gilbert Martínez
7	X	Karen Bautista @chiba	9911190192		NathaliBautista03@gmail.com	3219026764	Karen
8	X	Doris Adriana Baiceno	1007598552		Dorisadriana200@hotmail.com	3144731502	ADRIANA B.
9	X	Andrea Carolina Chavez	1009125973		andreiocoropez@gmail.com	- - - - -	Andrea
10	X	Johanna Maca Rodriguez	1007427624		Johannamac12@hotmail.com	3204131908	Johanna
11	X	Bryan Steven Sangua	100749976		Bryanstevensangua@gmail.com	3102770057	Bryan
12	X	Katherine Carolina Pinter	9903060227		KATY1ASOLAR@hotmail.com	3196965060	Katherine Pinter

	MACROPROCESO MISIONAL
	PROCESO GESTION EXTENSION UNIVERSITARIA
	CONTROL DE ASISTENCIA

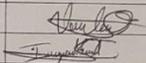
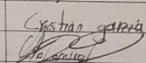
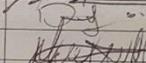
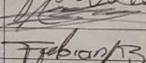
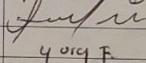
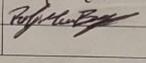
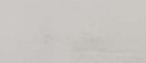
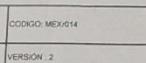
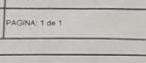
OCUPACION		NOMBRE ASISTENTE	NUMERO DE IDENTIFICACION	NOMBRE DE SU EMPRESA O INSTITUCION	CORREO ELECTRONICO	TELEFONO	FIRMA
#	EMPLEADO EMPRESARIO ESTUDIANTE						
1	X	Doris Gomez Rodriguez	9902213023		Doris21317@gmail.com	3194214345	Doris
2	X	Lorena Castellanos	1007415171		lorenacastellanos28@gmail.com	3212516576	LoreCastellanos
3	X	Jehathan de Jesus	1007661973		jehathanjordan@gmail.com	3118179938	Jehathan
4	X	Henry Jorjén	06912122		henryjorjen@gmail.com	3178119440	Henry Jorjen
5	X	David Benfuides	1003581601		David1167200@gmail.com	3174196962	David
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							

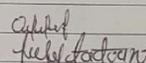
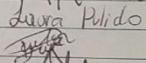
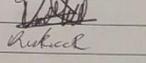
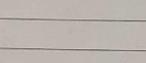
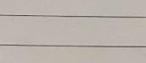
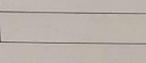
ANEXO B. Lista de asistencia taller cartografía social (evidencia).





ANEXO C. Taller de cartografía social segunda fase (evidencia).

		MACROPROCESO MISIONAL				CODIGO: MEX/14			
		PROCESO GESTION EXTENSION UNIVERSITARIA				VERSION: 2			
		CONTROL DE ASISTENCIA				PAGINA: 1 de 1			
NOMBRE DEL EVENTO:					FECHA: 19/11/2016.				
NOMBRE DEL DOCENTE: Maria Janeth Camargo - Natalia Romero.					JORNADA: AM, PM				
TIPO DE IDENTIFICACION (CC, CE, NIP, NUIP): CC					NOMBRE DE LA CONFERENCIA O MÓDULO: * Socialización con encuesta.				
NUMERO DE IDENTIFICACION: 34613096					* Taller Fitoremediación				
NUMERO DE IDENTIFICACION: 35224258									
N°	OCUPACION			NOMBRE ASISTENTE	NUMERO DE IDENTIFICACION	NOMBRE DE SU EMPRESA O INSTITUCION	CORREO ELECTRONICO	TELEFONO	FIRMA
	EMPLEADO	EMPRESARIO	ESTUDIANTE						
1		X		Ingrith Yneth Torres Gonzalez	1069758612	UDEC	valeriaortiz97@hotmail.com		
2		X		Valeria Ortiz Duran	1069758612	UDEC	yneth-972011@hotmail.com		
3		X		Cristian Camilo Garcia C	1069758441	UDEC	cristiang0997@gmail.com		
4		X		Julio Ramirez	1069750747	UDEC	julioramirez3@gmail.com		
5		X		Darling Nayarith Vela A-	1069746583	UDEC	mayra2131@hotmail.com		
6		X		Julian David Casallas Arias	1069750856	UDEC	casallajulian@outlook.es		
7		X		Pablo Andrés Gómez B	1069752645	UDEC	pablo6777@hotmail.com		
8		X		Fabian Baquero T	1073130005	UDEC	Robisrev@gmail.com		
9		X		Wiso Fernanda Lopez	1072429937	UDEC	lopezlwisa986@gmail.com		
10		X		Yury Alejandra Forero	1069750092	UDEC	yuryalejandrabaquero@gmail.com		
11		X		Rodrigo Mora Baquero	1071549796	UDEC	rodriqmorera114@gmail.com		
12									

		MACROPROCESO MISIONAL				CODIGO: MEX/14			
		PROCESO GESTION EXTENSION UNIVERSITARIA				VERSION: 2			
		CONTROL DE ASISTENCIA				PAGINA: 1 de 1			
NOMBRE DEL EVENTO: Taller Socialización Manejo del agua					FECHA: 19/11/2016.				
NOMBRE DEL DOCENTE: Maria Janeth Camargo Natalia Andrea Romo					JORNADA: AM, PM				
TIPO DE IDENTIFICACION (CC, CE, NIP, NUIP): CC					NOMBRE DE LA CONFERENCIA O MÓDULO: * Socialización resultado encuestas				
NUMERO DE IDENTIFICACION: 34613096					* Taller de Fitoremediación				
NUMERO DE IDENTIFICACION: 35224258									
N°	OCUPACION			NOMBRE ASISTENTE	NUMERO DE IDENTIFICACION	NOMBRE DE SU EMPRESA O INSTITUCION	CORREO ELECTRONICO	TELEFONO	FIRMA
	EMPLEADO	EMPRESARIO	ESTUDIANTE						
1		X		Orlando Muñoz Cruz	1072895389	UDEC	Orlandomunoz993@gmail.com	3023247797	
2		X		Juli Tatiana Rodriguez P	1069753191	UDEC	JuliTatiana62@gmail.com	3217252083	
3		X		Laura Johana Pulido Ramirez	1029591397	UDEC	lauraplido20@gmail.com	327353974	
4		X		Paulo Andea Jaime Jaime	10715438091	UDEC	paulojaime8912@gmail.com	3057143082	
5		X		Viviana Maricela Gomez Perez	1069729302	UDEC	vivianamaricelagomez@gmail.com	3192955041	
6		X		Daniel Libardo Rico Ruiz	15041135	UDEC	danielrico24@gmail.com	3014578220	
7									
8									
9									
10									
11									
12									

OCUPACION		NOMBRE ASISTENTE	NUMERO DE IDENTIFICACION	NOMBRE DE SU EMPRESA O INSTITUCION	CORREO ELECTRONICO	TELEFONO	FIRMA
N°	EMPLEADO EMPRESARIO ESTUDIANTE						
1		José Luis Herrera	2964767	Gasolera Esperanza		32075620	
2		Noel Ortiz Chacón	19.173.810	Finca La Pradera		3133781871	
3		Albino Cruz R	35.485.021	La Pradera		3114511284	
4		Yicot L. Carreto. Medina	1069740067	F. Las Esquinas	yiddyluce@hotmail.com	352645615	
5		Adelaida Ferrera	207801117	La Pradera			
6		Maria Mercedes Ramos R	39682329	esperanza			Mercedes Ramos
7		Pastora Rodriguez	39617646	San Luis		321239800	Pastora R.M.
8		Blanca Flor Melo	35478155	CIVASCI		31797744	Blanca Flor Melo
9		Juan Pablo Rodriguez	1061730762	Tro Amical	Juanpablo@gmail.com	31264861	
10		Wilson Moya Jorjón	8-776-077	El Heraldo	Wjms3er@yahoo.com	343083134	
11		Ephain Suarez	12071180	Sacros		30240000	
12		William Gregorio Dique Botencourt	1383787	Prodo El Duende		313471269	William Dique UB

OCUPACION		NOMBRE ASISTENTE	NUMERO DE IDENTIFICACION	NOMBRE DE SU EMPRESA O INSTITUCION	CORREO ELECTRONICO	TELEFONO	FIRMA
N°	EMPLEADO EMPRESARIO ESTUDIANTE						
1		Rosalia Andalo	41311381	Velocidad		3166299012	
2		Fernando Serrano	18200750	El Heraldo		3187819842	
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							

ANEXO D. Listas de asistencia taller manejo del agua tercera fase (evidencia).

EL VETIVER LA SOLUCION EN ECOTECNOLOGIA DEL FUTURO

AUTORES:

NATALIA ANDREA ROMERO DAVILA

JUAN PABLO ARDILA RODRIGUEZ

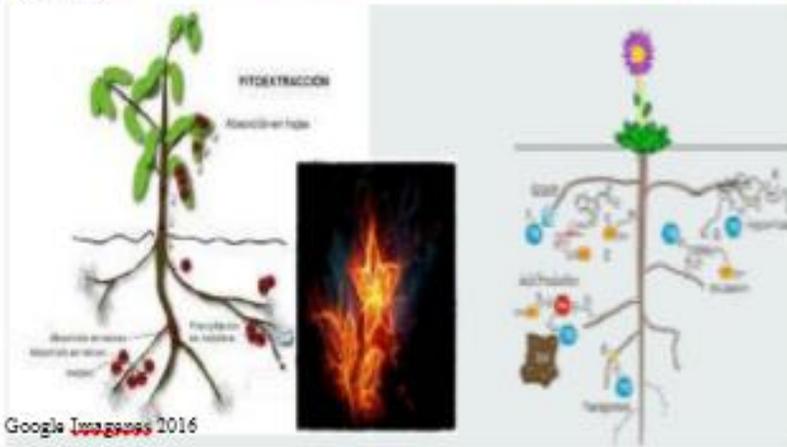
JUAN CAMILO ALVAREZ MAHECHA

El sistema Vetiver
es implementado en
diferentes países con
beneficios
para el medio ambiente a
bajos costos.



FITORREMEDIACION

La fitorremediación es la utilización de plantas que juegan el papel de filtros biológicos generando la extracción de contaminantes en suelo y agua tales como: plaguicidas, metales pesados, compuestos orgánicos volátiles, solventes, petróleo, nitratos, iones aromáticos, pesticidas y herbicidas.



Google Imágenes 2016



Google Imágenes 2016

CUIDADO DEL AGUA



MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Materiales de construcción para el modelo de fitorremediación en lagos contaminados.

CONSTRUCCION

Construcción de balsas de dimensión 1,50 m x 1,50 m en tubería sanitaria de PVC con diámetro de 4 pulgadas ensambladas con codos del mismo diámetro y la utilización de malla de galpon plástico con orificios de 2x3 cm asegurada a la balsa con amarraderas plásticas.



OTROS MATERIALES PARA USAR:

- *ICOPOR
- *PLÁSTICO
- *MATERIAL RECICLADO (botellas)
- *BAMBU



ANEXO E. Cartilla proporcionada a la comunidad tercera fase.

Tipos de fitorremediación



FITOESTABILIZACIÓN

Son plantas para reducir la biodisponibilidad de los contaminantes en el entorno, mejorando propiedades físicas y químicas del medio.



FITOEXTRACCIÓN

Es el uso de plantas acumuladoras de elementos tóxicos o compuestos orgánicos para retirarlos del suelo mediante la absorción y concentración en sus partes desechables. La absorción y concentración en las partes comestibles. El proceso se repite tantas veces como sea necesario para disminuir hasta niveles permitidos de contaminantes como: Ag, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Zn.



FITODEGRADACIÓN

El uso de plantas y microorganismos asociados para degradar contaminantes orgánicos.