



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES

CARRERA DE GESTIÓN AMBIENTAL

INTERACCIÓN SOCIO ECONÓMICA Y AMBIENTAL DE LA
MICROCUEENCA ALTA DEL RÍO SANTA ROSA, SITIO EL GUAYABO

CONTRERAS SALAZAR MARILYN NATHALIA
LICENCIADA EN GESTIÓN AMBIENTAL

MACHALA
2019



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES

CARRERA DE GESTIÓN AMBIENTAL

INTERACCIÓN SOCIO ECONÓMICA Y AMBIENTAL DE LA
MICROCUENCA ALTA DEL RÍO SANTA ROSA, SITIO EL
GUAYABO

CONTRERAS SALAZAR MARILYN NATHALIA
LICENCIADA EN GESTIÓN AMBIENTAL

MACHALA
2019



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES

CARRERA DE GESTIÓN AMBIENTAL

TRABAJO TITULACIÓN
PROYECTO INTEGRADOR

INTERACCIÓN SOCIO ECONÓMICA Y AMBIENTAL DE LA MICROCUENCA
ALTA DEL RÍO SANTA ROSA, SITIO EL GUAYABO

CONTRERAS SALAZAR MARILYN NATHALIA
LICENCIADA EN GESTIÓN AMBIENTAL

GARCÍA OCHOA JAIME ARTURO

MACHALA, 19 DE SEPTIEMBRE DE 2019

MACHALA
2019

Nota de aceptación:

Quienes suscriben, en nuestra condición de evaluadores del trabajo de titulación denominado INTERACCIÓN SOCIO ECONÓMICA Y AMBIENTAL DE LA MICROCUENCA ALTA DEL RÍO SANTA ROSA, SITIO EL GUAYABO, hacemos constar que luego de haber revisado el manuscrito del precitado trabajo, consideramos que reúne las condiciones académicas para continuar con la fase de evaluación correspondiente.



GARCÍA OCHOA JAIME ARTURO
1103975742
TUTOR - ESPECIALISTA 1



ANAZCO LOAIZA HUGO ENRIQUE
0701378929
ESPECIALISTA 2



SANCHEZ ASANZA ARTURO WIDBERTO
0702056599
ESPECIALISTA 3

Machala, 19 de septiembre de 2019

Interacción social, económica y ambiental de la microcuenca alta del Río Santa Rosa sitio el Guayabo.

INFORME DE ORIGINALIDAD

4%

INDICE DE SIMILITUD

3%

FUENTES DE
INTERNET

0%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

andresk.wikispaces.com

Fuente de Internet

1%

2

Submitted to Universidad Técnica de Machala

Trabajo del estudiante

1%

3

www.redes.org.uy

Fuente de Internet

1%

4

Submitted to Universidad Del Magdalena

Trabajo del estudiante

<1%

5

Submitted to Systems Link

Trabajo del estudiante

<1%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 20 words

Excluir bibliografía

Activo

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

La que suscribe, CONTRERAS SALAZAR MARILYN NATHALIA, en calidad de autora del siguiente trabajo escrito titulado INTERACCIÓN SOCIO ECONÓMICA Y AMBIENTAL DE LA MICROCUENCA ALTA DEL RÍO SANTA ROSA, SITIO EL GUAYABO, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

La autora declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

La autora como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 19 de septiembre de 2019

Marilyn C.

CONTRERAS SALAZAR MARILYN NATHALIA
0705982957

DEDICATORIA

Este proyecto va dedicado para mi familia, especialmente mis padres que me han ayudado de manera incondicional durante el transcurso de mi carrera, y mis amigos y compañeros por su apoyo en la realización de este proyecto que ser mi impulso final para llegar a obtener mi título profesional.

AGRADECIMIENTO

Extiendo mis sinceros agradecimientos a mis tutores del presente proyecto, por su motivación, tiempo y dedicación que me brindaron para culminar con éxito mi formación y el haber compartido su conocimiento que me servirá para mi futuro personal y profesional.

El agradecimiento infinito a Dios por haberme guiado con éxito mi camino, a mis padres, mis amigos, mis docentes y compañeros que han sido mi mayor motivación y ganas de seguir adelante.

RESUMEN

Los servicios ambientales que proporciona la naturaleza se ven amenazados, uno de ellos es la regulación del ciclo hidrológico. La calidad y disponibilidad del agua dependen del estado y buen manejo de las cuencas hidrográficas. Pero las interacciones del hombre con las mismas en muchos casos no son sustentables; la agricultura, la ganadería, la extracción de minerales, etc., en las partes de altas de cuenca puede ocasionar perjuicios para quienes reciben el líquido vital aguas abajo. Este proyecto se enfoca en estudiar aquellas interacciones sociales, económicas y ambientales que suscitan en el sitio El Guayabo, de la parroquia de Torata y donde se pudo constatar como la actividad minera a ocasionado por largos años una afectación de tipo extensiva dado que los drenajes y residuos tienen como foco principal la parte alta de microcuenca del Río Santa Rosa, y amenazan con la salud humana dado que el agua río abajo es tomada para su potabilización, donde el tratamiento puede no ser suficiente para reducir la cantidad de metales pesados como el arsénico y el cadmio. Estos metales fueron encontrados fuera de los límites permisibles, además según los análisis químicos, el agua era completamente ácida. Mediante observaciones de campo y entrevistas se pudo identificar el nivel de impacto y la presión que ejerce sobre este sitio. La actividad minera es el principal sustento de todas las familias que habitan el Guayabo y así mismo existen pequeños mineros, algunos con permisos y otros ilegales que tienen cierta participación en la afección del río. Todos los impactos que se fueron encontrando se evaluaron para poder priorizar el más alto y así proponer soluciones. Sin duda la afectación al recurso agua por la actividad minera es la más letal que se presenta en el sitio, por tanto, se propuso utilizar la fitorremediación utilizando macrófitas (litio acuático) dadas sus características de ser una planta hiperacumuladoras, y está bien fundamentado que reduce la presencia de metales pesados como el arsénico y el cadmio. Esta especie de macrofita se consigue fácilmente y se adapta casi a cualquier ambiente, por ellos se planteó diseñar un tipo de humedal artificial que sirva como segundo proceso de tratamiento de los drenajes mineros dado que la piscina de sedimentación no era suficiente para evitar el desplazamiento de los contaminantes al agua, El sistema básicamente receptorá las aguas que provienen de la piscina de sedimentación y pasaran a través del humedal, el cual se conformara por capas de varios materiales como arena, grava, etc. Así mismo para saber si la propuesta es viable se analizaron la factibilidad económica, ambiental, técnica y social dando como resultado positivo en todas, dado que técnicamente el sistema es sencillo de aplicar y no exige mano de obra especializada, en la parte social los beneficios a la salud serán evidente pues ya no existirá el contacto directo con los contaminantes. En la parte económica mediante los indicadores VAN y el TIR se verifico que la propuesta si es factible pues el costo de inversión se recuperara en 100% y habrá un 7 % de rentabilidad tomando en cuenta que surgieran ahorros por evitar las multas correspondientes. Finalmente, en el ámbito ambiental, la propuesta si fue factible pues el sistema garantiza el ciclo hidrológico y protege la biota acuática.

Palabras clave: Fitorremediación, gestión de microcuencas, lirio acuático, drenajes mineros.

ABSTRACT

The environmental services that nature provides are threatened, one of them is the regulation of the hydrological cycle. Water quality and availability depend on the state and good management of the river basins. But man's interactions with them in many cases are not sustainable; agriculture, livestock, mineral extraction, etc., in the upper parts of the basin can cause damage to those who receive the vital liquid downstream. This project focuses on studying those social, economic and environmental interactions that arise at the El Guayabo site, in the parish of Torata and where it was possible to verify that the mining activity has caused extensive pollution for many years since the drains and The main focus of the waste is the high part of the microbasin of the Santa Rosa River, and threatens human health since the water downstream is taken for purification, where the treatment may not be sufficient to reduce the amount of heavy metals such as arsenic. and cadmium These metals were found outside the permissible limits, in addition to chemical analysis, the water was completely acidic. Through field observations and interviews, the level of impact and the pressure exerted on this site could be identified. The mining activity is the main livelihood of all the families that inhabit the Guayabo and there are also small miners, some with permits and others illegal who have some participation in the affection of the river. All the impacts that were found were evaluated in order to prioritize the highest and thus propose solutions. Undoubtedly, pollution to the water resource due to mining activity is the most lethal that occurs on the site, therefore, it was proposed to use phytoremediation using macrophytes (aquatic lithium) given its characteristics of being a hyper-accumulator plant, and it is fine based on reducing the presence of heavy metals such as arsenic and cadmium. This species of macrophyte is easily achieved and adapts to almost any environment, for them it was proposed to design a type of artificial wetland that serves as a second process of treatment of mining drains since the sedimentation pool was not enough to prevent the displacement of the contaminants to the water, The system will basically receive the waters that come from the sedimentation pool and will pass through the wetland, which will be formed by layers of various materials such as sand, gravel, etc. Likewise, to know if the proposal is viable, the economic, environmental, technical and social feasibility were analyzed, resulting in a positive result in all, given that technically the system is simple to apply and does not require specialized labor, in the social part the benefits health will be evident because there will no longer be direct contact with contaminants. In the economic part, through the VAN and the IRR indicators, it was verified that the proposal is feasible because the investment cost will be recovered in 100% and there will be a 7% return taking into account that savings arise due to avoiding the corresponding fines. Finally, in the environmental field, the proposal was feasible because the system guarantees the hydrological cycle and protects the aquatic biota.

Keywords: Phytoremediation, microbasin management, water lily, mining drainage.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	7
Objetivo General.....	8
CAPÍTULO I: DIAGNÓSTICO DEL OBJETO DE ESTUDIO.....	9
1.1 CONCEPCIONES, NORMAS O ENFOQUES DIAGNÓSTICOS.....	9
1.1.1 Concepciones.....	9
1.1.2 ENFOQUE DIAGNÓSTICO.....	12
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DIAGNÓSTICO.....	13
1.2.1 Ubicación del Área de Estudio.....	13
1.2.2 Línea Base General.....	14
1.2.3 Interacciones Socio Económicos.....	19
1.2.4 Interacciones Ambientales.....	21
1.3 ANÁLISIS DEL CONTEXTO Y DESARROLLO DE LA MATRIZ DE REQUERIMIENTOS.....	23
1.3.1 Problemas identificados en el Contexto.....	23
1.4 SELECCIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS A INTERVENIR: JUSTIFICACIÓN.....	27
1.4.1 Descripción de la matriz.....	27
1.5 SELECCIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS A INTERVENIR.....	28
2 CAPÍTULO II: PROPUESTA INTEGRADORA.....	29
2.1 Descripción de la propuesta.....	29
2.1.1 Fundamentación Teórica de la propuesta.....	30
2.1.2 Objetivos de la propuesta.....	31
2.2 Componentes estructurales de la propuesta.....	31
2.2.1 Fase I reconocimiento y preparación del terreno.....	31
2.2.2 Fase II Construcción del dique de contención.....	32
2.2.3 Fase III Ensamblado del sistema de drenaje.....	34
2.2.4 Fase V ensamblado del sistema de aplicación.....	34
2.3 Fases de implementación y operación.....	35
2.4 Recursos logísticos.....	38
3 CAPITULO III.....	39
3.1 Análisis de la dimensión técnica de implementación de la propuesta.....	39
3.2 Análisis de la dimensión económica de implementación de la propuesta..	40
3.3 Análisis de la dimensión social de implementación de la propuesta.....	43

3.4	Análisis de la dimensión ambiental de implementación de la propuesta...	43
	CONCLUSIONES	44
	RECOMENDACIONES	45
	BIBLIOGRAFÍA	46
4	ANEXOS	50

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Interrelaciones de una Cuenca Hidrográfica.....	11
Tabla 2.	Cuenca hidrográfica del Cantón Santa Rosa.....	15
Tabla 3.	Parámetros físicos químicos máximos por año de la quebrada El Panteón 2011-2016, 2018-2019	15
Tabla 4.	Análisis de presencia de metales en la Quebrada El Panteón.....	17
Tabla 5.	Principales especies de flora y fauna	18
Tabla 6.	Matriz de requerimientos	25
Tabla 7.	Selección de requerimiento a intervenir	28
Tabla 8.	Especificaciones para la preparación del terreno.....	32
Tabla 9.	Especificaciones para la construcción del dique de contención.	32
Tabla 10.	Cronograma de Actividades	37
Tabla 11.	Recursos logísticos para el humedal superficial de flujo vertical.....	38
Tabla 12.	Flujo de inversión	40
Tabla 13.	Depreciación	40
Tabla 14.	Flujo operacional	40
Tabla 15.	Flujo neto Financiero	41

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Ubicación Sitio El Guayabo	13
Figura 2.	Delimitación de la microcuenca alta del Río Santa Rosa.....	14
Figura 3.	Formación geográfica y bosque de la zona de estudio.....	15
Figura 4.	Actividad Ganadera del Sitio El Guayabo	20
Figura 5.	Sistema de biotanque séptico	21
Figura 6.	Unión de la quebrada El Panteón con la Microcuenca al del río Santa Rosa..	22
Figura 7.	Deforestación en el Sitio El Guayabo	23
Figura 8.	Morfología de Eichhornia crassipes (lirio acuático)	30
Figura 9.	Humedal artificial de flujo superficial vertical.....	34

INTRODUCCIÓN

Según Uvalle, Cantú, González, Herrera (2018), “*el abastecimiento de agua para cubrir las necesidades humanas en las ciudades es una de las mayores prioridades sociales*”, su calidad depende del estado de las microcuencas. Una microcuenca como tal es considerada como una unidad de planificación y ordenamiento territorial, donde interaccionan diversas actividades antrópicas con el medio ambiente, ocasionando que se produzca una degradación de la biodiversidad y la pérdida total o parcial de los servicios ecológicos como por ejemplo la regulación del ciclo hidrológico (Ramírez, Armijos, Jaramillo, y Peña, 2019).

Dentro de este proyecto se pretende diagnosticar y analizar el estado actual de los componentes ambientales de la microcuenca alta pertenecientes al sitio El Guayabo, Parroquia Torata, Cantón Santa Rosa. En este sitio se han llevado a cabo pocos proyectos dirigidos a la protección del agua, a pesar que prevalece mucho la actividad minera y que al parecer es la fuente más significativa de afectación.

Hasta el 2015 en el Guayabo vivían cerca de 250 personas la mayoría de ellas subsistían de la actividad minera la cual ocupaba cerca de 281 ha de concesiones mineras inscritas ante la Agencia de Regulación y Control Minero ARCOM. Y otra pequeña parte del sitio está dentro la reserva Municipal de la parte alta del Río Santa Rosa, cuyo propósito es proteger los últimos remanentes de bosque (PDOT Torata, 2015).

Chassoul y Rodríguez (2018), menciona que la afectación del agua va de la mano con “el aumento poblacional, el crecimiento urbanístico e industrial, así como la intensificación de las actividades agrícolas y pecuarias...” debido a que la gran cantidad de residuos generados van a parar a los cuerpos de agua superficiales.

La microcuenca alta del Río Santa Rosa que integra el sitio el Guayabo, al igual que otros lugares, tienden a aumentar su población al mismo tiempo que sus actividades productivas; por tanto, el riesgo de afectación ambiental se hace cada vez importante y puede afectar a otras localidades. Cuando se trata de una microcuenca, este puede abarcar un tipo de afectación extensiva, puesto que el agua esta posiblemente sobrecargado con compuestos altamente peligrosos. Por tanto, prevenir este tipo de afectación es realmente necesario y parte de las políticas nacionales es ofrecer a la ciudadanía agua de buena calidad.

Es importante el estudio de este sitio dado que la minería, tanto pequeña y/o mediana escala como la artesanal, han crecido constantemente y el riesgo de afectación es igual de alto sumando las actividades ilegales, y donde sus residuos tóxicos son vertidos sobre la quebrada el Panteón la cual alimenta a la microcuenca alta del Río Santa Rosa misma que aguas abajo es captada para su potabilización para más de 80 mil personas del cantón.

Este proyecto puede servir como base para una herramienta política que permita tomar acciones o decisiones por parte de las autoridades competentes. Así, la propuesta final esta descrita con un cronograma y un presupuesto preestablecido, y también una valoración de su factibilidad técnica, económica, ambiental y social.

En el **capítulo I** se describen las concepciones y el enfoque diagnóstico correspondientes a este proyecto, es decir, se encuentran todos los fundamentos teóricos, científicos y técnicos que respaldan la investigación y también se describe el enfoque metodológico utilizado para la obtención y caracterización de la información del objeto de estudio.

Dentro del **capítulo II** se encuentra la redacción de la propuesta integradora, que, en resumen, va dirigida a contrarrestar las zonas más afectadas por la afectación de forma prioritaria y sostenible. El modelo de gestión preestablecido se basa en un construir un manejo integrado pero enfocado siempre a la mejora continua.

Finalmente, en el **capítulo III** se establece la valoración de la factibilidad técnica, económica, social y ambiental de la propuesta, con el propósito de analizar si la propuesta de alguna forma es sustentable en el tiempo y espacio establecido.

Objetivo General

Evaluar las interacciones socio-económicas ambientales que conforman la microcuenca alta del Río Santa Rosa mediante un levantamiento de información con el fin de dar propuestas eficientes a sus principales problemas.

Objetivos Específicos

- Caracterizar las componentes ambientales y las interacciones sociales y económicas de la microcuenca alta del río Santa Rosa
- Evaluar los principales problemas socio-económicos ambientales para crear propuestas viables que ayuden a corregir o mitigar el deterioro de la microcuenca.

CAPÍTULO I: DIAGNÓSTICO DEL OBJETO DE ESTUDIO

1.1 CONCEPCIONES, NORMAS O ENFOQUES DIAGNÓSTICOS

1.1.1 Concepciones

1.1.1.1 Cuenca hidrográfica

Según Valdes y Villalejo (2018), una cuenca hidrográfica es considerada como una unidad de gestión fundamental para la planificación tanto integral como descentralizada del patrimonio hídrico. Dentro de una cuenca se distinguen tres áreas morfológicas: la parte alta, media y baja

- En la parte alta, la topografía es empinada y comúnmente están cubiertas por vegetación / bosques
- La parte media comprende zonas de piedemonte y valles donde el río principal mantiene un cauce definido. En estas dos áreas se origina las nacientes de los ríos, los cuales se asientan sobre la parte media.
- La parte baja o zona de transición con otro río, lago, laguna o mar es la más plana y con frecuencia estos lugares son utilizados para la actividad agrícola y asentamientos humanos. (Gaspairi y Senisterra , 2016)

1.1.1.2 Microcuenca hidrográfica

Área de drenaje que une sus escurrimientos en un cauce común llamado corriente principal. Una microcuenca se encuentra dentro de una subzona hidrográfica con un área inferior a 500 km^2 , estas son áreas estratégicas en relación con el suministro de servicios ecosistémicos que poseen, además permiten medir los indicadores de sustentabilidad debido a su tamaño, muy diferente a las cuencas que por ser muy grandes es difícil establecer recomendaciones específicas (Vargas y Restrepo, 2018).

1.1.1.3 Problemas ambientales que perjudican las cuencas hidrográficas

Comúnmente en la zona urbana los principales problemas que perjudican el recurso hídrico son la afectación por la acumulación de residuos inorgánicos, descarga directa de aguas servidas, por otro lado, en la zona rural; el uso masivo de plaguicidas, fertilizantes sintéticos, así como también componentes químicos utilizados en la actividad minera, los ríos sedimentados, acuíferos que se secan, los cambios en el ciclo hidrológico. Es así

como estos problemas están afectando principalmente a las actividades económicas de las comunidades locales y de forma indirecta de la sociedad en general (Plata y Ibarra , 2016).

Se debe tomar en cuenta que la degradación de las cuencas hidrográficas generan grandes pérdidas de valor tanto ambiental, económico como social, es así que un manejo integrado orientado al aprovechamiento responsable de los recursos podrían paliar todos estos efectos, asegurando la sustentabilidad del ambiente (Ferrer y P. Torrero, 2015).

1.1.1.4 Fuentes puntuales de afectación

Fuente localizada de afectación ya sea en el aire, agua o suelo, las fuentes puntuales descargan contaminantes en localizaciones específicas a través de tuberías o alcantarillas o cuerpos de agua superficial por ejemplo plantas de tratamiento industrial o descarga de aguas domésticas, en la agricultura están asociadas a actividades de crías animales en confinamiento y la forma de manejo de los desechos, por ser fuentes puntuales que se originan en un solo lugar es fácil de identificar, buscar soluciones y regular el problema.

La afectación directa o puntual tiene que ver en gran parte por las poblaciones humanas que continúan creciendo e impactando los recursos naturales y los métodos para protegerlos se vuelve cada vez más crítico. Todo ello representa un peligro para la integridad biológica de los ecosistemas (Mikembi, y otros, 2019).

1.1.1.5 Fuentes no puntuales o afectación difusa

La afectación de este tipo se caracteriza porque se evidencia en varios factores a la vez; agua, suelo o aire, en áreas extensas. En el agua esta puede ser contaminada por actividades agrícolas o mineras que descargan agroquímicos, fertilizantes u otros químicos. Estos procesos interactúan con las propiedades del suelo ocasionando afectación en aguas subterráneas, escorrentía, infiltración y porosidad, convirtiéndolos en suelos más arenosos que presentan un proceso de lixiviación y sedimentación, dando lugar a otras reacciones que no son perceptibles a simple vista pero que causan cambios negativos mediano o largo plazo.

La afectación de fuentes no puntuales se ha convertido en una de las principales causas de la reducción de la calidad del agua debido al aumento de la interferencia humana y las perturbaciones en las condiciones naturales de una cuenca. El impacto es, aún más mayor,

cuando empieza la temporada de invierno cuando hay una mayor escorrentía superficial (Sharma y Tiwari, 2019).

Otro ejemplo de afectación no puntual es la carga de fertilizantes en la agricultura, donde al momento del riego todos estos excedentes causan efectos sobre el cuerpo receptor. Es así que Wang, He, y Shen (2019), detallan que *“Cuando el agua de riego es más pequeña, la carga de afectación no puntual es relativamente menor, y cuando el agua de riego aumenta hasta el punto de inflexión, la carga de afectación no puntual aumentará considerablemente”*

1.1.1.6 Características de una cuenca hidrográfica

La delimitación de una cuenca hidrográfica integra elementos físicos y biológicos conformados por diferentes unidades ecológicas, naturales y sociales (comunas, provincias o regiones) las cuales se definen por sus características, el conjunto de estos elementos que se interrelacionan definiendo un sistema de entradas y salidas y determinan su funcionamiento.

Tabla 1. Interrelaciones de una Cuenca Hidrográfica.

Biofísicos	Antrópicos	Demográficos	Jurídico institucionales
atmósfera, clima, suelo y subsuelo, hidrología, flora y fauna	socioeconómicos culturales, infraestructura, tecnología, niveles de calidad de vida, creencias, sistemas de producción entre otras	tamaño y distribución de la población	normas que regulan el uso de los recursos naturales, leyes políticas de desarrollo, tenencia de tierras

Fuente: (Gaspari y Senisterra , 2016, pag.12-13).

La interacción de estos elementos constituye a la cuenca hidrográfica como una unidad de planificación, desarrollada sobre un territorio que compone un sistema integral (Gaspari y Senisterra , 2016, pag.12-13).

1.1.1.7 Potencialidades de la micro cuenca en espacios naturales

Más allá de los servicios y bienes ambientales del que se beneficia el hombre, el recurso hídrico es el elemento más significativo debido a los procesos de producción que se derivan de este. Es así, que se convierte en un eje de importancia para la economía de la población, por lo que, se recomienda siempre que se asigne un precio que responda al valor económico de escasez del servicio ambiental. (Rivera , Izurieta , y Once, 2019).

Por otro lado, dentro de una microcuenca existe la entrada de energía y materia, así como también se producen ciclos biogeoquímicos, transformaciones y salidas de la energía, teniendo en cuenta que estos espacios son vulnerables de modo que tanto la estructura y la funcionalidad de esta unidad estará teniendo consecuencias positivas y negativas, esto permite valorar la importancia de los recursos naturales en la micro cuenca hidrográfica (Gaspari y Senisterra , 2016).

1.1.2 ENFOQUE DIAGNÓSTICO

El proyecto como tal tuvo un enfoque mixto puesto que para su desarrollo se aplicaron métodos cualitativos para el diseño de la matriz de requerimientos el cual se evalúan los problemas dándole categorías escalares de gravedad; y cuantitativos a través de gráficos representativos que permiten analizar datos numéricos en cuanto a valores de análisis físico químicos de la quebrada El Panteón.

La información recabada se sometió a análisis para seleccionar sólo aquella que otorgue validez y confianza a los resultados de todo el proyecto, con esto se ha garantizado que lo expuesto en cada capítulo sirve como una fuente confiable para futuros proyectos o tomas de decisiones para las autoridades competentes.

Mediante revisiones bibliográficas de fuentes primarias y secundarias de información, con criterios de búsqueda y selección en documentos reconocidos y aceptados por la comunidad científica, es decir, estar indexadas y presentar ISSN (para artículos científicos) o ISBN (para libros).

Para la recopilación de información del lugar se usó el método exploratorio-descriptivo, dado que por medio de la observación *in situ* se pueden obtener información detallada y objetiva del lugar de estudio, como la caracterización biológica, presencia de pasivos ambientales, calidad del aire, sitios de patrimonio cultural, infraestructuras, etc.

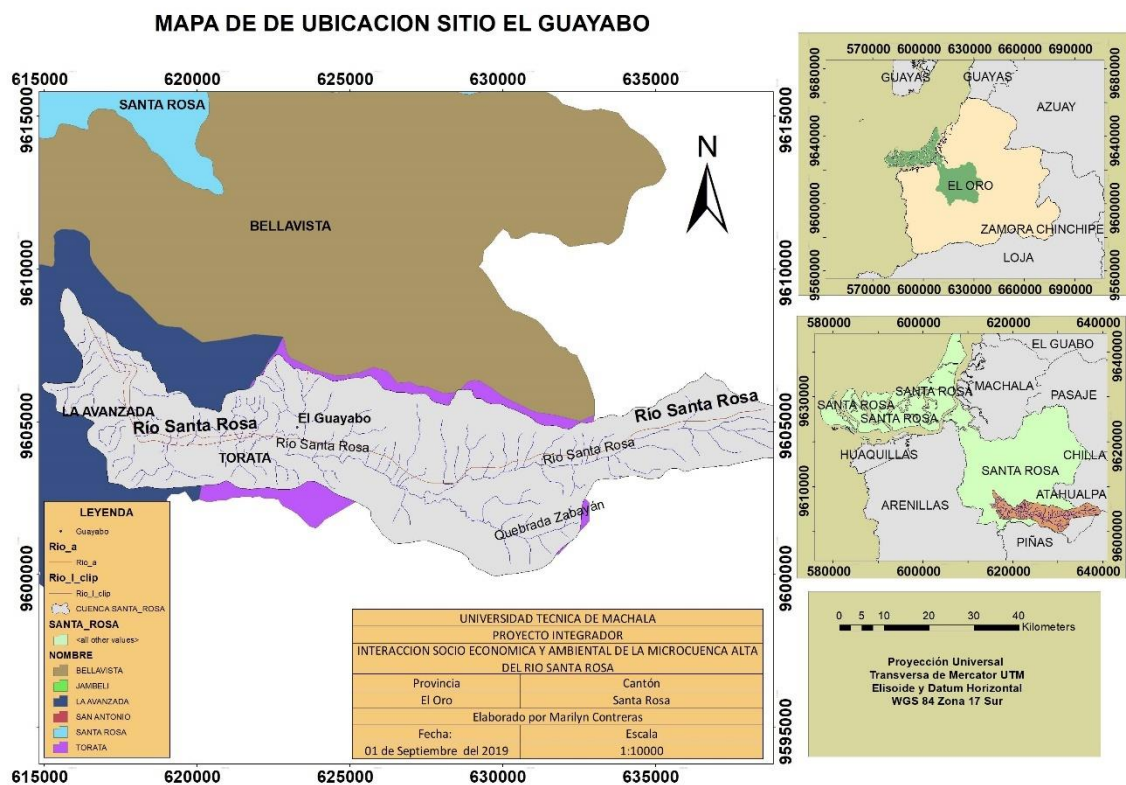
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DIAGNÓSTICO

1.2.1 Ubicación del Área de Estudio

El área de estudio está situada al sur-oeste del país, específicamente dentro del sitio El Guayabo, perteneciente al sector Cerro Pelado de la parroquia Torata en el Cantón Santa Rosa. Dentro este sitio se ubica la quebrada El Panteón cuyas aguas abastecen a la microcuenca del Río Santa Rosa.

El Guayabo es uno de los 5 sitios de la parroquia Rural de Torata y abarca cerca de 5 km cuadrados.

Figura 1. Ubicación Sitio El Guayabo



Elaborado por la autora.

El área geográfica que abastece a la quebrada El Panteón se encuentra dentro de La Reserva de Municipal de la microcuenca Alta del Río Santa Rosa (**Figura 2**). Y es donde se ubica la mayor concentración de la actividad minera.

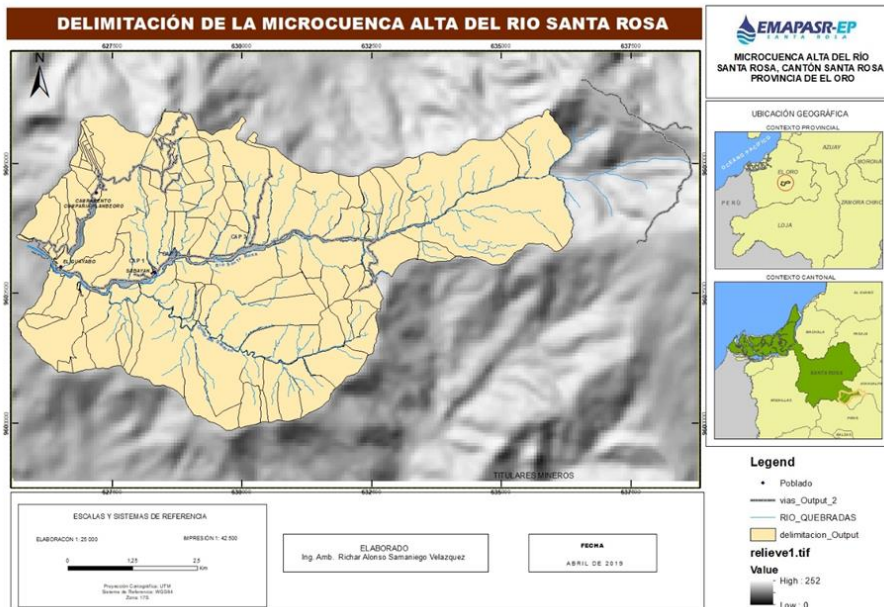


Figura 2. Delimitación de la microcuenca alta del Río Santa Rosa.
 Fuente: EMAPASR-EP

1.2.2 Línea Base General

1.2.2.1 Aspectos Físicos

De forma general el terreno presenta una topografía ondulada fuertemente socavada, el sector presenta varias colinas con cimas semiplanas, la mayor parte están cubiertas con vegetación, existen cotas que van desde los 600 a 1200 msnm. Aunque la deforestación según un informe de EMPASR-EP (2018), destruye un promedio anual de 163 has. de bosque.



Figura 3. Formación geográfica y bosque de la zona de estudio.

1.2.2.2 Hidrología

De forma general la cuenca hidrográfica del Río Santa Rosa se distribuye de la siguiente forma:

Tabla 2. Cuenca hidrográfica del Cantón Santa Rosa.

Cuenca	Subcuenca	Microcuenca	Área (ha)
Río Santa Rosa	Estero Medina	Estero Culebrero	1.532,60
	Río Bellamaría	Quebrada Romero La	1.874,86
	Río Buenavista	Río Caluguro	9.181,00
	Río Culebrero	Río Chico	2.062,34
	Río Negro	Río Negro	7.121,49
	Río Panupali	Río San Agustín	1.790,96
	Río San Agustín	Río Santa Rosa	6.953,14
Río Santa Rosa	Drenajes menores 010	14.789,31	

Fuente: (Instituto Geográfico Militar, 2009)

Elaboración: La autora

Dentro de la tabla siguiente se resumen algunos de los parámetros estudiados sobre la calidad del agua de la quebrada El Panteón.

Tabla 1. Parámetros físicos químicos máximos por año de la quebrada El Panteón 2011- 2016, 2018-2019

AÑOS	pH	Temp,	Sólidos (mg/l)
	LMP 6.5 - 9	LMP Condición natural +- 3 C	1600 mg/l
2011	3,5	19,900	100
2012	2,6	21	208
2013	3,9	23,2	171,5
2014	2,9	32,3	2500
2015	3	24,3	376
2016	2,6	24,3	561

2018	3,37	23	314
2019	3,94	23.6	1089

Fuente: EMAPASER-EP (2018); SENAGUA (2019)

En la tabla se resumen los valores máximos registrados por año de la quebrada el panteón. Y para su mayor comprensión se muestra gráficamente cómo es la relación que existe de los parámetros a medida que pasa el tiempo.

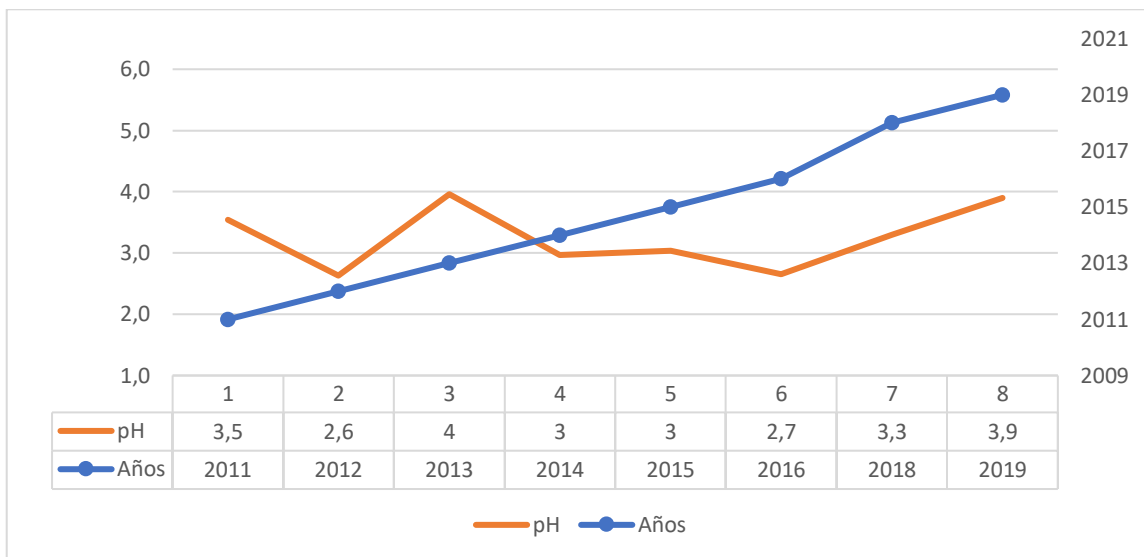


Gráfico 1 Ph máximo registrado por año

Esta gráfica nos muestra que existe una correlación inversamente proporcional, es decir, mientras más pasa el tiempo el pH desciende. Este problema de acidez de agua determina rápidamente una baja calidad del agua que alimenta a la microcuenca alta del río Santa Rosa, por consiguiente, se puede decir que estos resultados concuerdan con la baja diversidad bio acuática.

Bolaños, Montero, Rodriguez, y Anabelle, (2015), mencionan que un pH bajo “...favorece procesos de dilución de materiales inorgánicos como los metales...” ya que es bien sabido que la alta concentración de iones de hidrógeno promueve la coloración rojiza y anaranjada provocada por la fácil solubilización del hierro.

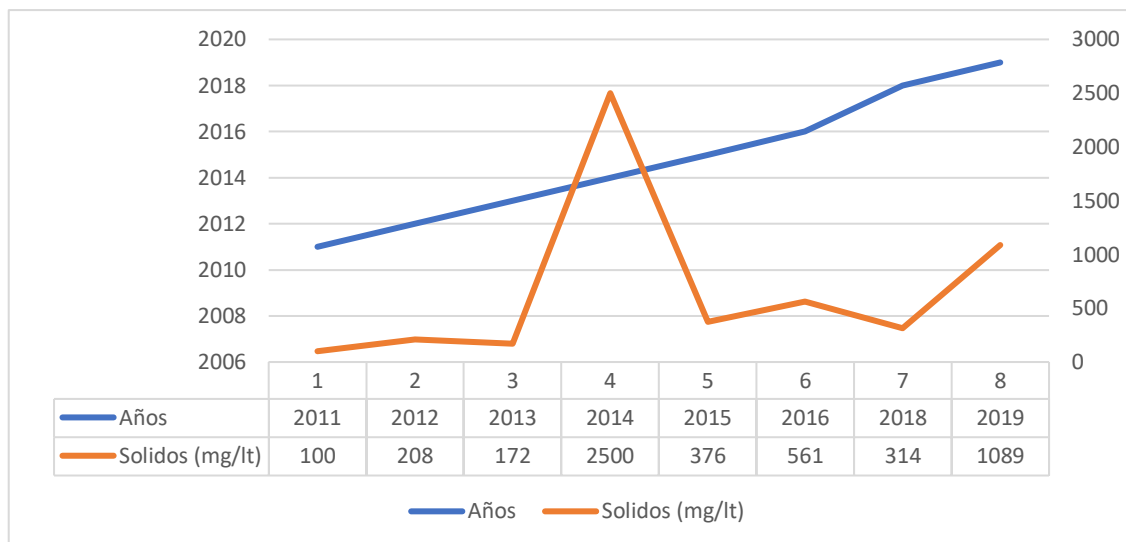


Gráfico 2 Sólidos disueltos máximos registrados por año.

Como se observa los sólidos disueltos solo salieron del máximo permisible en el año 2014 con 2500 mg/lt. De igual manera con el pasar de los años este parámetro parece aumentar y es evidente a simple vista pues el agua de la quebrada se presenta turbia la mayor parte del año.

Tabla 2. Análisis de presencia de metales en la Quebrada El Panteón.

Metales Totales						
año	Arsénico	Hierro	Cadmio	Plomo	Mercurio	Cianuro
	LMP 0,1	LMP 10	LMP 0,02	LMP <0,01	LMP <0,006	LMP <0,100
2012	0,08	6,47	0,01	0,08	0,001	-
2013	0,081	5,2	0,0048	0,0054	0,0001	0,03
2014	0,0053	-	0,0019	0,0008	0,00068	0,004
2015	0,01	-	0,02	0,05	0,005	0,03
2016	3,7	-	0,025	0,031	0,0002	0,001
2019	0,2	-	0,0211	0,0225	0,0114	>0,05

Fuente: EMAPASR-EP (2018); SENAGUA (2019)

Otro de los metales presentes de acuerdo a los análisis realizados en laboratorios calificados por la SAE, demuestran la presencia de trazas de **ARSÉNICO, PLOMO CADMIO** proveniente de la actividad minera y que, por la escorrentía de las aguas de mina, son depositadas a los cuerpos receptores como la quebrada El Panteón que alimentan el río Santa Rosa.

El **MERCURIO** es otro de los metales que se evidencian en este último año, a pesar que en la zona no existen actividades de refinamiento de oro, se infiere que este aumento se produce por prácticas artesanales de extracción donde usan el mercurio para extraer el mineral preciado por amalgamación. A pesar de ser una práctica muy anticuada y poco técnica, la transmisión de generación en generación amenaza seriamente, dado que el mercurio causa efectos negativos tanto al agua, al aire, al suelo y la vida en general, y se extiende hacia sus familiares por bioacumulación (Pantoja y Pantoja, 2016).

1.2.2.3 Geología

La parroquia Torata cuenta con formaciones de tipo granito gnésico peraluminico y esquistos y verdes, negros, azules y eclogitas. Dentro de la taxonomía del suelo se encuentran los inceptisoles, suelos húmedos con cierta acumulación de materia orgánica, aptos para el manejo considerable de labores agrícolas

1.2.2.4 Clima

El clima es semi- húmedo, característico de la zona interandina, entre los meses de junio a noviembre es temporada seca mientras en diciembre hasta mayo es temporada lluviosa (Pacurucu, 2012).

1.2.2.5 Temperatura

Las zonas de Bellamaria y Torata comprende una temperatura entre 24 y 26 °C sin embargo disminuye aproximadamente hasta 22 °C a medida que se vaya acercando a la cordillera de los Andes.

1.2.2.6 Recursos naturales

Se destacan las principales especies endémicas que se encuentran en la zona de estudio identificando las causas de su degradación.

Tabla 3. Principales especies de flora y fauna

Recurso	Descripción del recurso	Nombre científico	Causa de degradación
	Palo prieto	<i>Pasiflora sp</i>	Deforestación y ampliación de
	Higuerón	<i>Ficus glabrata</i>	
	algarrobo	<i>prosopischilensis</i>	

Flora	Guayacan	<i>Tabebuia chrysantha</i>	frontera agropecuaria
	Cedro	<i>cedralafissilis</i>	
Fauna	Mono aullador	<i>Alouatta palliata</i>	Pérdida del hábitat por deforestación, caza indiscriminada
	Pava	<i>penelopepurpuracens</i>	
	Diostedé	<i>rhamphastosambiguus</i>	
	Tigrillo	<i>leoparduspardalis</i>	
	Oso hormiguero	<i>Myrmecophaga tridactylus</i>	
	Vieja	<i>Aequidens rivulatus</i>	
	Raspa		Pesca ilegal, afectación minera

Fuente: (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Santa Rosa 2014-2017).

Elaboración: La autora

1.2.3 Interacciones Socio Económicas

La población tiene como actividades económicas la agricultura y ganadería a escala artesanal, mientras la minería y la cual también es la de mayor importancia. Esta actividad genera empleo para casi 90 familias dentro de la microcuenca, es decir, cerca del 34 % de las 250 familias que se distribuyen por todo el sector.

Por otro lado, la minería artesanal aglomera a más de 60 familias tan solo de El Guayabo y a más de 10 familias de El Sabayán. Según indican las autoridades del sector, estas familias no son las más beneficiadas por dicha actividad, es decir, existen personas que practican minería pero que no son del sector, la informalidad de estas personas son las que perjudican a los moradores y por ende también afectan al medio ambiente.

La conformación de esta localidad ha sido también gracias a la minería a pequeña escala, según datos del Plan de Ordenamiento y Desarrollo de la Torata, las personas censadas tienen como cantón de origen Santa Rosa, Machala, Piñas y Zaruma principalmente. Las familias que no dependen de la minería dependen en mayor parte de la ganadería y la agricultura como forma de subsistir.



Figura 4. Actividad Ganadera del Sitio El Guayabo

Durante las observaciones de campo se pudo constatar que la mayoría de personas mantiene su ganado sobre pequeños establos para mayor seguridad y comodidad de sus dueños. Combinan la crianza de tipo intensiva y extensiva lo que les permite aprovechar de mejor forma los espacios y la comida disponible. Según datos de informes de la EMAPASR-EP (2018), confirman que la ganadería es una de las actividades con considerable participación en los problemas hídricos-ambientales tanto en la disponibilidad como en la calidad del agua, esto gracias a que los vertidas y/o residuos de los animales llegan por escorrentía o directamente al agua.

Por otro lado, el alcantarillado en la zona no es evidente, dado que las familias que habitan actualmente han optado por el uso de pozos sépticos improvisados, otros mejor elaborados y pues también se pudo observar de tipo más complejos como los que veremos a continuación.



Figura 5. Sistema de biotank séptico

El sistema que se muestra en la fotografía integra un separador de sólidos antes de ingresar los residuos al biotank, de la misma forma se puede apreciar cómo la vivienda cuenta con tuberías que separan los residuos sólidos de los líquidos, esto con el fin de dar mayor vida útil al biotank.

El separador de sólidos tiene como objetivo retener aquellos residuos que tardan en descomponerse, y también porque al mezclarse con residuos líquidos, el biotank tendería a llenarse mucho más rápido, haciendo menos eficiente la implementación de este tipo de sistemas. Por otra parte, los líquidos que son separados no tienen una disposición final adecuada, pues estos siempre son dirigidos hacia el exterior de la vivienda directamente sobre canales improvisados al aire libre, y se puede inferir que estos van a dar al cauce principal por escorrentía y por gravedad vía subterránea.

1.2.4 Interacciones Ambientales

Visualmente el componente más afectado en la zona de estudio es el agua, como se puede observar en la siguiente imagen, este estado del agua se ha mantenido por varios años se menciona que desde el año 1968 se viene extrayendo en primer lugar antimonio y oro del

sitio El Guayabo. A pesar que han pasado varios años, recientemente se ha hecho eco en las noticias el potencial daño al medio ambiente y a las personas que río abajo se beneficia casi toda la población del cantón Santa Rosa.



Figura 6. Unión de la quebrada El Panteón con la Microcuenca alta del Río Santa Rosa.

A simple vista las características físicas del agua nos informan de antemano que existe una fuente de afectación muy considerable, y peor aún, anteponiendo la otra vertiente nos da como punto de comparación el nivel de alteración que sufre la quebrada El Panteón.

Tal como lo explican las autoridades de EMAPASR-EP la producción y acumulación de residuos industriales mineros (explotación del oro), tiene un poder modificador del paisaje y sus descargas de residuos tóxicos van al agua, suelo y aire. Y peor aún, cuando se sabe que el agua de esta microcuenca es captada Río abajo para su potabilización y distribución a más de 80 mil hab. del cantón.

Moradores del sector mencionaron que producto de esta afectación hídrica la vida acuática se fue perdiendo paulatinamente a tal punto que no sienten seguro el uso del agua ni para su uso cotidiano como lo hacían antes para aseo personal y limpieza de prendas de vestir. Estas personas ya no ven la quebrada como una fuente de agua natural sino como un drenaje el cual les sirve para verter todos sus residuos.

Se sabe que la forma de recuperar o mejorar la calidad de un sistema hídrico es la conservación de los bosques primarios, pero eso también se está afectado. Dado que la actividad minera misma requiere de esta materia prima, así como las familias que habitan el lugar.



Figura 7. Deforestación en el Sitio El Guayabo

La deforestación además de afectar la biodiversidad facilita la erosión de los suelos provocando la pérdida de capacidad de retención de la humedad. Tanto así, que la sedimentación con el tiempo se ha ido acumulando en las partes bajas del río produciendo la elevación en el nivel del agua, y durante la temporada de lluvias este incremento se traduce en un desbordamiento muy notable sobre las partes bajas de la microcuenca.

1.3 ANÁLISIS DEL CONTEXTO Y DESARROLLO DE LA MATRIZ DE REQUERIMIENTOS

1.3.1 Problemas identificados en el Contexto

Como se ha venido describiendo en la línea base general de los componentes físicos, sociales y ambientales los problemas se derivan mayormente por la explotación minera del sitio El Guayabo, contextualmente dentro del sitio se encuentra una concesión que abarca 281 hectáreas de terreno que ha venido siendo explotada durante más de 30 años

incesantemente y que en la actualidad se ha roto el silencio sobre la afectación medioambiental y por ende social de estas actividades.

Como lo mencionan los Informes de EMAPASR-EP la minería que se practica en la microcuenca alta del Río Santa Rosa especialmente los habitantes del sector Guayabo, es una actividad económica rentable en estos momentos pero existe presencia de vulnerabilidad en los sectores concesionados afectando tanto a la cantidad y calidad del agua de cauces superficiales y subterráneos para diferentes usos, especialmente consumo humano; afecta también al suelo y al aire como se ha explicado anteriormente.

La quebrada El Panteón, se encontraba ubicada fuera del Área de Reserva Municipal de la microcuenca alta del Río Santa Rosa, por lo que, esta área luego del análisis conjuntamente con técnicos del SENAGUA se la consideró e incluyó dentro de la declaratoria de Área de Reserva de importancia hídrica, que será ingresada al SNAP.

La explotación minera en la mina El Guayabo con código 255 es de tipo subterránea y el material que se extrae por medio de túneles está ubicada a menos de 10 metros de la quebrada El Panteón, todo el material extraído se clasifica en un área determinada para luego enviarse mediante volquetas fuera del área concesionada.

En el recorrido por la mina se pudo observar a simple vista que desde dentro de la mina escurría abundante agua, la cual generalmente está cargada con sedimentos y algunos metales pesados como el arsénico proveniente del subsuelo como es la arsenopirita, producto de la oxidación y lixiviación de los minerales y también contiene residuos de la dinamita que es utilizada para extraer la veta mineralizada. Esta agua según se observa, es captada en la boca mina por tuberías de PVC y conducida unos 200 metros aproximadamente hasta el lugar, que supuestamente la estarían tratando para luego descargarla al efluente natural como es la quebrada El Panteón, que fluye en sentido norte a sur.

Los parámetros físicos pueden considerarse como testigos de la variación de la calidad del agua, ya que estos parámetros están relacionados con las características que definen la calidad del agua. La conductividad y la turbidez destacan la presencia de sólidos disueltos y sólidos en suspensión respectivamente, a medida que estos aumentan, la calidad del agua disminuye.

Tabla 4. Matriz de requerimientos

Problema o actividad	Gravedad			Herramientas	Evidencias	Requerimientos	Propuesta
	1	2	3				
Deterioro de la calidad del agua de la quebrada El Panteón por sólidos totales suspensión (Fe, As, SO4) producido por la compañía minera "PLANBEORO"				Método de observación y evaluación	<ul style="list-style-type: none"> Extracción de material rocoso genera filtración de agua cargada de sedimentos y metales pesados para extraer la veta mineralizada esta agua es conducida hacia la quebrada el panteón sin el adecuado tratamiento que debería tener. Debido al alto nivel de Fe el cuerpo hídrico está tomando un color amarillo rojizo alterando el afluente natural. 	<ul style="list-style-type: none"> Disponibilidad económica, tiempo y trabajadores para la implementación de la planta de tratamiento. Exponer el nivel de factibilidad del sistema de tratamiento de aguas residuales. 	<ul style="list-style-type: none"> Mejorar la calidad del agua de la micro cuenca alta (el panteón) a través del sistema de tratamiento para reducir los niveles de turbidez, sólidos suspendidos principalmente He, As, S04. Notificar a las autoridades de ARCOM, MAE, ARCA, sobre la problemática para tomar las acciones y medidas legales pertinentes al caso.
Deforestación que ocasiona pérdida de la capacidad de retención del agua				Método de observación	Fotografías de tala de arboles	<ul style="list-style-type: none"> Se requiere la colaboración de trabajadores para reforestar las zonas afectadas. Utilización de material pedagógico para capacitar a trabajadores 	<ul style="list-style-type: none"> Reforestación de zonas deterioradas Capacitar y motivar al personal de la compañía minera sobre el uso adecuado de recursos naturales Gestionar la petición de especies vegetales a las autoridades competentes para regenerar zonas afectadas
Erosión del suelo en espacios naturales destinados a la explotación minera artesanal				Método de observación	<ul style="list-style-type: none"> fotografías Acumulación de escombros en las zonas adyacentes al área de operación 	<ul style="list-style-type: none"> Retirar el material residual una vez que termine la actividad de extracción. 	<ul style="list-style-type: none"> Utilización de maquinaria para retirar material rocoso residual y disponer para otra utilidad

Afectación a la calidad de aire				Método de observación	Presencia de partículas suspendidas en el aire por la realización de socavones utilizando herramientas como taladros eléctricos para extracción de material, desprendiendo agentes atmosféricos como arsénico producto de la arsenopirita que se encuentra en el material pétreo.	<ul style="list-style-type: none"> Evitar derrumbes por apilamiento de material extraído. Realizar estudios isocinéticos que permitan la medición del material particulado para evitar que sobrepase los límites máximos permisibles en el aire y tomar acciones 	Mantener humedecimiento en la fuente de material extraído además adecuar una instalación con cobertura evitando el desprendimiento del material a la atmosfera
Enfermedades a los moradores de la comunidad "El Guayabo" producido por deterioro del recurso hídrico				Método de entrevista	<ul style="list-style-type: none"> Coloración amarillosa en el agua El pH ácido, la turbidez, la carga de metales pesados provocan la alteración del agua 	Manejo adecuado de la micro cuenca a través de la adecuada utilización de recursos naturales en las actividades económicas y la participación de los moradores.	<ul style="list-style-type: none"> Solicitud de denuncia e inspección inmediata de la fuente de abastecimiento para intervención de las instituciones competentes. Gestionar Acuerdo de mediación entre la compañía y los moradores aledaños a la comunidad Realizar campañas de salud hacia las personas afectadas
Afectación a la salud y seguridad de los Trabajadores				Método de entrevista	Los trabajadores no cuentan con equipo de protección personal	<ul style="list-style-type: none"> Se requiere de la adquisición de equipo de protección. Flexibilidad en el horario laboral, evitar el exceso de horas y realizar cambios de turno de ser necesario 	Realizar programas de capacitación al personal en cuanto a la prevención de riesgos laborales y seguridad y salud ocupacional

1.4 SELECCIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS A INTERVENIR: JUSTIFICACIÓN

1.4.1 Descripción de la matriz

La microcuenca alta del Río Santa Rosa "El Guayabo" ha sido una de las áreas naturales que se ha visto comprometida principalmente por el manejo inadecuado de la actividad minera de la compañía "PLANBEORO" que a lo largo del tiempo ha venido afectando directamente la calidad del recurso tanto en cauces superficiales subterráneos, así como también afecta de forma indirecta el consumo humano.

Dentro de la zona del recurso hídrico se practica la actividad minera formal e informal que además de perjudicar al recurso agua también compromete al recurso suelo y aire. Las actividades ganadera, avícola y porcina también forman parte de este problema provocando la alteración física química de la fuente hídrica que conducen hasta el río Santa Rosa.

En la compañía minera el material rocoso que se obtiene de la extracción del mineral es una veta mineralizada que contiene sulfuros de hierro, arsenopirita, cuarzo, sulfuros de hierro, cobre y otros minerales que son colocados en tolvas de madera para luego ser transportado fuera de la mina, parte de este material es filtrado en el suelo lo que ocasiona la alteración del recurso agua- suelo debido al manejo inadecuado de este proceso.

Otra de las formas que se puede alterar el agua es por medio de la llamada agua de mina que sale del túnel principal donde realizan las excavaciones, está cargada de sedimentos, metales pesados como hierro, arsénico, cobre, sulfatos y residuos de dinamita, esta agua es transportada por una tubería hasta la piscina de lixiviación donde no se le da el tratamiento adecuado y aun así es descargada al afluente natural.

Mediante los resultados del análisis de agua que se obtuvieron del cuerpo receptor se muestra que los parámetros físicos como pH, conductividad, turbidez, sólidos disueltos y en suspensión se encuentran por encima de los niveles máximos permisibles; teniendo la presencia de hierro Fe: 83 mg/l, sulfatos S04: 1485 mg/l y arsénico; valores superiores a 0,5 mg/l, la muestra que se cogió para este análisis fue de la descarga proveniente del agua que ha pasado por el tratamiento inadecuado que tiene la compañía minera, valores que aún sobrepasan la norma de calidad ambiental que dispone el TULSMA en la tabla n° 9 del anexo 1 libro VI recurso agua, estos valores se obtuvieron del laboratorio de la demarcación hidrográfica.

Sin duda alguna es necesario de la implementación de tecnologías ambientales como la fitorremediación técnica adecuada para el tratamiento de aguas residuales como es el empleo de las especies vegetales acuáticas como las macrófitas para la remoción de contaminantes como metales pesados y la separación de sólidos disueltos.

Se trata de una planta que contiene una estructura de absorción las cuales permiten captar sustancias contaminantes como metales pesados del ambiente por lo general en el agua (Pereira, Muñoz, y Peluffo, 2017). Esto permitirá absorber gran cantidad de impurezas, teniendo como resultado la devolución del agua con parámetros adecuados al cuerpo receptor, beneficiando tanto al ambiente como a la comunidad en general.

1.5 SELECCIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS A INTERVENIR

Tabla 5. Selección de requerimiento a intervenir

Requerimiento a intervenir	Descripción	Propuesta
Proporcionar información sobre el proceso técnico de fitorremediación para el tratamiento de aguas residuales	El proceso de fitorremediación en humedales artificiales es una técnica prometedora que se basa en el uso de especies acuáticas que ayudan a la absorción o degradación de los contaminantes. las aguas que provienen de la mina con altas cargas de contaminantes deberán pasar por las piscinas en donde se realizará el proceso de fitorremediación, la finalidad de esta técnica es que las especies acuáticas formen una área artificial para los microorganismos de modo que logren transportar el oxígeno produciendo una zona de oxidación en las raíces, esta fusión tiene una alta eficiencia en modificar nutrientes, metales pesados, sólidos disueltos entre otras, lo que permitirá que la descarga de agua al cuerpo receptor de la microcuenca alta del río Santa Rosa esté dentro del rango de permisibilidad.	Mejorar la calidad del agua de la microcuenca alta del Río Santa Rosa, quebrada el panteón a través de un sistema de fitorremediación para reducir los niveles de turbidez, pH, sólidos suspendidos principalmente He, As, S04.

Fuente: La autora

2 CAPÍTULO II: PROPUESTA INTEGRADORA

Aplicación de humedales artificiales para la remediación de la afectación del agua provocada por la actividad minera de El Guayabo sobre la microcuenca alta del Río Santa Rosa

2.1 Descripción de la propuesta

En la actualidad el uso inadecuado del recurso hídrico comúnmente ha tomado impulso por ser indispensable en todo tipo de actividad económica, sin embargo, se han desarrollado técnicas de limpieza que permiten reducir la afectación en el agua, uno de los mecanismos más que ha demostrado efectividad es la absorción para el tratamiento de aguas residuales (Carreño F. , 2015).

Para el presente proyecto se ha considerado como propuesta la fitorremediación para la remoción de los contaminantes que, por su alta persistencia, rápida acumulación en organismos y su elevada toxicidad tienen la capacidad de producir alteraciones en los seres vivos y organismos acuáticos (Cuadrado , Vicuña , y Torres , 2015). Según Arias, y otros (2016), *“la fitorremediación es una tecnología que utiliza plantas para degradar, extraer, acumular y estabilizar contaminantes orgánicos e inorgánicos...”*

Se considera a esta técnica rentable y sostenible por ser de bajo costo, así como también una alternativa que se diferencia de otras técnicas convencionales aun cumpliendo con la capacidad de almacenar y eliminar sustancias tóxicas mediante sus procesos metabólicos (Noriega, y otros, 2016).

De acuerdo a los análisis realizados en el presente trabajo es necesario el uso de especies vegetales acuáticas como las macrófitas. Dentro del género de estas especies se encuentra la *Eichhornia crassipes* (lirio acuático) que se la ha considerado como una de las especies más efectivas debido a su alta capacidad para la retención y remoción de metales pesados presentes en el agua además de proveer energía.

2.1.1 Fundamentación Teórica de la propuesta.



Figura 8. Morfología de *Eichhornia crassipes* (lirio acuático)

Eichhornia crassipes o jacinto de agua es una planta perenne flotante, se extiende fácilmente sobre el agua. Generalmente crece sobre diversos tipos de humedales desde lagos, estanques, arroyos, zanjas, canales y aguas negra. El tamaño de planta varía y puede llegar hasta 1 metro de altura, sus hojas tienen entre 10 y 20 cm de diámetro, las cuales suelen flotar sobre el agua. El tallo se caracteriza por ser bulboso, largo y esponjoso. Cada especie puede producir miles de semillas cada año cuya permanencia puede llegar a superar los 28 años, es así que el lirio acuático dobla su población en semanas (Punitha, Sangeetha, y Bhuvaneshwari, 2015).

La especie *Eichhornia crassipes* (lirio acuático) ha sido escogido para realizar el proceso de fitorremediación acuática en los humedales artificiales debido a su capacidad por reducir altas concentraciones de contaminantes (Mendoza, Pérez, y Galindo, 2018). Esta especie representa una tecnología eficiente para el tratamiento de aguas contaminadas pues numerosos estudios han demostrado que puede remover nutrientes, metales pesados y grandes cantidades de materia orgánica (Carreño U. , 2016).

El lirio acuático ha demostrado un gran potencial para la purificación de aguas residuales a través de mecanismo físicos, químicos y biológicos. La fitorremediación de las aguas contaminadas con esta especie incluyen la reducción de nitrógeno, bacterias fecales, sólidos en suspensión, materia orgánica, metales pesados y colorantes. Además ha podido eliminar más del 75 % de Cd, más del 90 % de Pb y sus raíces eliminan el 90 % de Arsénico (Mayo y Hanai, 2017).

La intervención de estas especies acuáticas en el humedal superficial permite que se desarrollen procesos físicos, químicos y biológicos para remediar los afluentes. Esta técnica es conocida como fitorremediación que a lo largo del tiempo se ha vuelto más rentable. El proceso bioquímico

realizado por la interacción de las plantas y microorganismos tiene como finalidad remover las sustancias tóxicas del agua (Vera, y otros, 2016).

De modo que permita tener una mejor calidad de agua para abastecer las comunidades cercanas a la microcuenca. Este humedal superficial se caracteriza por tener material filtrante para soportar la vegetación enraizada, el mismo que sirve como refugio para que las bacterias puedan adherirse y filtrarse (Solís, López, y Bautista, 2016).

2.1.2 Objetivos de la propuesta

2.1.2.1 Objetivo general

Proponer una estrategia que permita recuperar la calidad de agua de la microcuenca alta del Río Santa Rosa para contrarrestar los problemas ambientales de suelo, agua y aire.

2.1.2.2 Objetivo específico

Plantear el proceso de fitorremediación para la remoción de metales por medio de humedales artificiales.

Proporcionar información sobre el funcionamiento de los humedales en la remoción de los contaminantes y las ventajas y desventajas que representa el tratamiento de aguas residuales con humedales

2.2 Componentes estructurales de la propuesta

2.2.1 Fase I reconocimiento y preparación del terreno

La zona donde se construye el humedal queda ubicada al filo de la guardarraya en la parte posterior del campamento.

Maquinaria	Retroexcavadora
Dimensiones	5 m (largo) 2 m (ancho) 0.8 m (profundidad)
Área	10 m ²
Herramientas	Lampas, barretas, machete, carretilla

Se ha establecido esta zona para la construcción del sistema hídrico con macrófitas flotantes debido a condiciones del terreno, anteriormente ya se habían construido unas piscinas sin embargo no se le

dio un adecuado proceso por lo que existía la presencia de sedimentos, lo que se hizo fue limpiar y adecuar el área, es decir retirar los sedimentos y la maleza para poder empezar con la construcción.

Tabla 6. Especificaciones para la preparación del terreno.

Distribución del terreno

En esta parte ya que se delimitó el área y luego de realizar toda la remoción de la piscina para adecuar el lugar en la cual se construirá el dique de humedal, se implementará tuberías de conducción, una caseta de bombeo necesarios para la implementación del sistema hídrico.

2.2.2 Fase II Construcción del dique de contención

El humedal superficial que se establecerá en el campamento minero será de flujo vertical, una tecnología que se ha venido desarrollando desde 1990 (Vera, Jorquera, López, y Vidal, 2016). Para esto se debe impermeabilizar el área con implementos que permitan tener resistencia y durabilidad del sistema hídrico. Esta superficie debe estar nivelada y compactada de modo que evite grietas o material rocoso que den paso a la infiltración de las sustancias contaminantes al subsuelo o acuíferos.

Una vez que se ha establecido el material en la parte inferior del humedal, se debe agregar las capas de material gravoso por toda la superficie del dique de contención.

Para evitar que se estanque el agua en la superficie del humedal, la pendiente del mismo debe ser plana (0%) y la pendiente del fondo del lecho debe ser una ligera aproximadamente 1%.

Tabla 7. Especificaciones para la construcción del dique de contención.

Adecuación del terreno	
Material	Arcilla
Cantidad	1, 6 m ³
Geotextil	
Cantidad	3.5 m ancho x 6.5 m largo
Herramientas y materiales	Tijera, metro, piola

Construcción del humedal	
Volumen	8 m ³
Material	Arena, grava, material rocoso
Cantidad	1.6 m ³ arena gruesa 1.6 m ³ grava fina 1.6 m ³ grava media
Pendiente	1%

Caudal

En esta sección se determina la cantidad de agua que se necesita para abastecer el humedal superficial de flujo vertical

$$Q: V \times S$$

$$V: Q/S$$

$$A: \pi \times r^2$$

Donde

Q: caudal

V: velocidad

S: área

r: radio

La cantidad de agua que se va a transportar hacia el humedal será un caudal de 0.015 m³/s y se para determinar la velocidad se establecerá la siguiente fórmula en una tubería de 90 mm de diámetro

$$S: \pi \times r^2$$

$$S: 3.1416 \times (0.045\text{m})^2$$

$$S: 0.0063 \text{ m}^2$$

$$V: Q/S$$

$$V: 0.015 / 0.0063$$

$$V: 2.4 \text{ m/s}$$

Por lo tanto, el humedal según el cálculo se estima que se llenara en 9 minutos

$$\begin{array}{ccc} 0.015 \text{ m}^3 & \times & 1 \text{ s} \\ 8 \text{ m}^3 & & x \end{array}$$

X: 533.3 s = 9 min

2.2.3 Fase III Ensamblado del sistema de drenaje

Sistema hídrico

La captación del efluente se realiza a través de tuberías por donde entrará el efluente para poder abastecer el lecho, una vez que se encuentre junto al medio filtrante y las especies acuáticas hayan realizado el proceso de absorción y remoción el agua descenderá para poder ser transportada por una tubería de desagüe con perforaciones que están recubiertas por grava y se encuentra distribuida a lo largo del lecho del humedal, justo en la mitad. una vez que haya sido tratada.

Además, para la mantener el funcionamiento adecuado de aireación del lecho filtrante se debe abastecer al humedal de forma intermitente es decir de 4 hasta 12 veces al día, evitando que se acumule el agua en la superficie y verificar que la distribución de la misma se de forma uniforme

2.2.4 Fase V ensamblado del sistema de aplicación

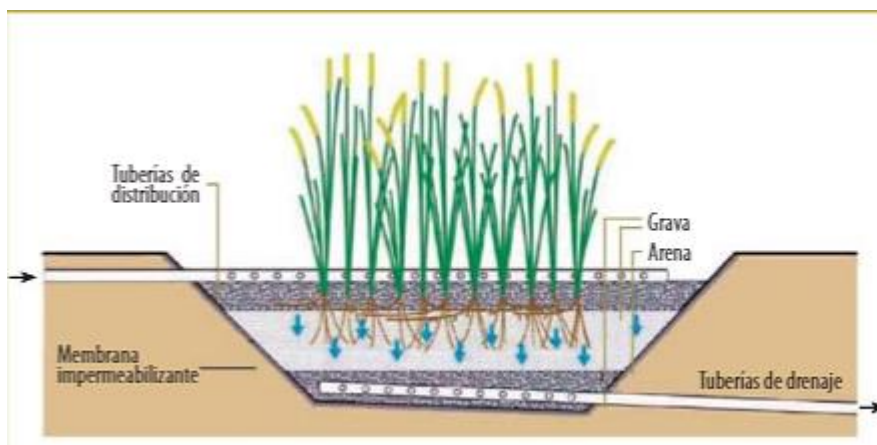


Figura 9. Humedal artificial de flujo
Fuente: Serrano y Hernández (2008)

Una vez que se ha colocado el material de grava, la tubería para drenaje, se procede a la plantación de la especie acuática, en este caso de la macrófita lirio acuático para que realice su función pueda adaptarse y sobrevivir en el humedal artificial.

Distribución de las especies sobre el humedal.

Las especies deben colocarse en hileras separadas a 20 cm entre sí, con una profundidad de no más de 10 cm para que las raíces puedan establecerse más rápido y se adapten a su nuevo medio. Se recomienda escoger especies de lirio perennes para mayor eficiencia y durabilidad del sistema.

2.3 Fases de implementación y operación

Tratamiento preliminar

Este se encargará de separar los sólidos que se encuentren en el agua, con el fin de evitar que el humedal pierda eficiencia en su operación para remover los contaminantes, y a su vez no permite que se generen gastos adicionales o de mantenimientos repetitivos en caso de daños o mal funcionamiento.

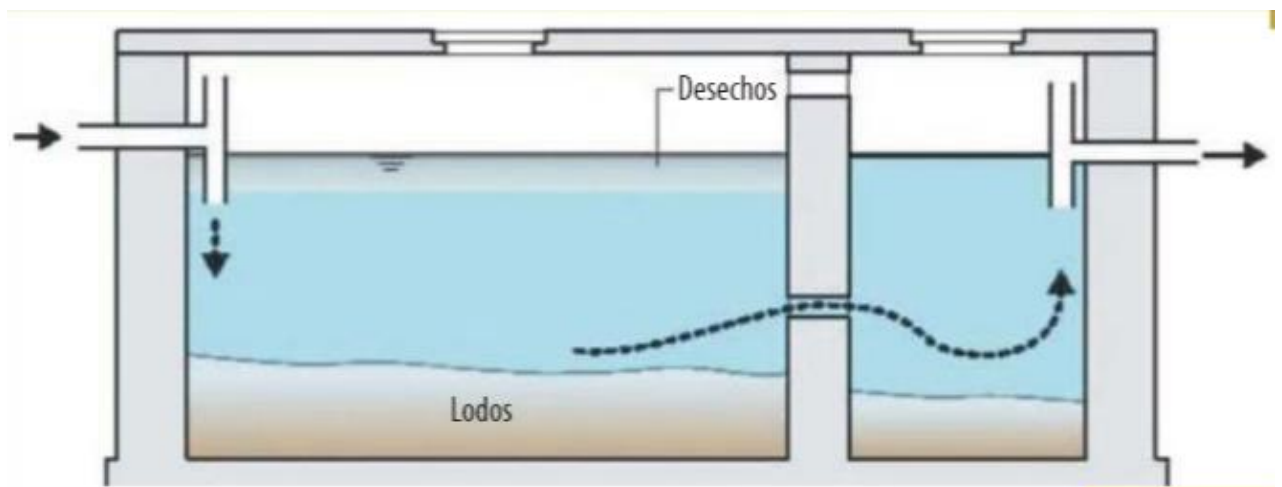


Figura N° 10 Esquema del funcionamiento de un separador de sólidos.

En este caso, la concesión minera cuenta con un separador tipo fosa séptica al aire libre el cual va a constituir el tratamiento primario.



Figura N° 11 Fosa séptica a utilizar para el tratamiento primario.

Selección del material filtrante

A pesar de no existir un sustrato estándar para la construcción del humedal de flujo vertical, se recomienda que la granulometría eficaz sería tal como se dicta en la siguiente figura:

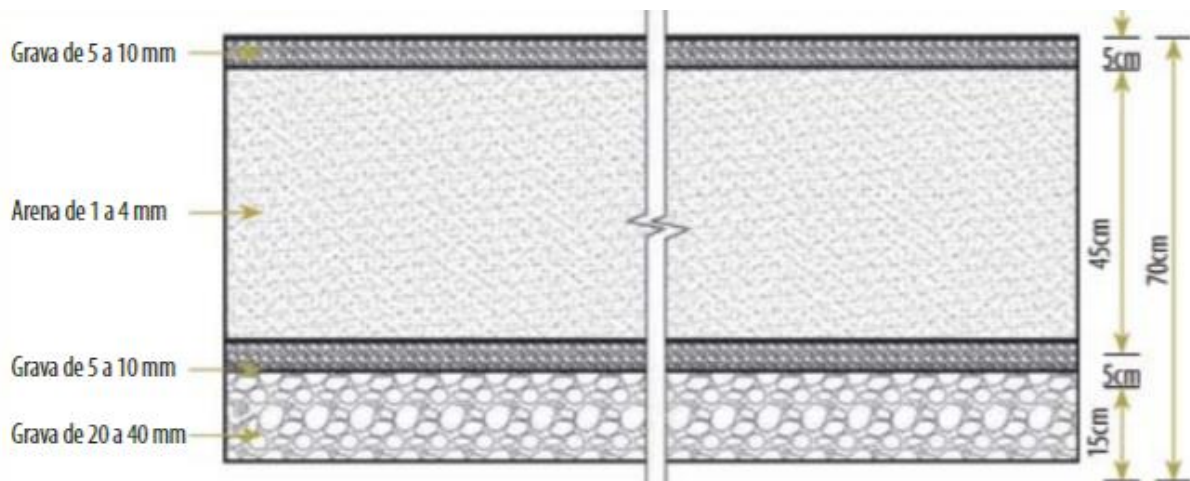


Figura N° 12 Modelo de disposición del sustrato para el humedal de *FV*.

El sistema estará acoplado para que los drenajes pasen por la laguna de sedimentación para evitar que el humedal se obstruya, luego de ingresar por el sistema se espera que las plantas comiencen su tratamiento teniendo mucho cuidado de que las plantas se adapten a su nuevo hábitat. El proceso de degradación que deben cumplir las especies vegetales acuáticas en el humedal comienza en la bioconversión por bacterias que se encuentran en las raíces de las plantas las mismas que se encargaran de absorber, asimilar y remover los metales pesados (Marín, Solís, y López, 2016).

Cada semana se debe monitorear su funcionamiento normal, se recomienda que cada 15 días se haga pasar por el sistema agua limpia para que las plantas puedan mejorar sus procesos y duren por mucho más tiempo.

Si es necesario colocar otro dique de contención para que el sistema sea más eficiente se debe tener en cuenta el espacio y el caudal a tratar, se recomienda que en época invernal se cubra el humedal para evitar desplazamientos no deseados hacia el medio ambiente. Mantener la población ideal de especies garantizará que el sistema funcione y produzca los cambios deseados en el agua.

En esta sección se detalla el cronograma de actividades para la ejecución de los componentes

Tabla 8. Cronograma de Actividades

Fases	Actividades	Semanas del mes de agosto-septiembre del año 2019							
		Agosto				Septiembre			
		S 1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
Diseño y construcción	Fase I reconocimiento y preparación del terreno								
	Delimitación del área								
	Limpieza								
	Fase II Construcción del dique de contención								
	Excavación del humedal								
	Colocación de arcilla y geomembrana								
	Colocación de arena y grava								
	Implementación de tubería								

	Fase IV Ensamblado del sistema de drenaje								
	Siembra de las especies acuáticas en el humedal								
Operación y control	Inicio de funcionamiento del humedal								
	Operación y mantenimiento								

Fuente: La autora

2.4 Recursos logísticos

Tabla 9. Recursos logísticos para el humedal superficial de flujo vertical

RECURSOS LOGÍSTICOS PARA EL HUMEDAL SUPERFICIAL DE FLUJO VERTICAL				
Recursos humanos				
Nº	Denominación	Tiempo	Costo unitario	Costo total
3	trabajadores	30	\$17,00	\$ 1.530
Recursos materiales para la construcción del sistema				
Preparación del terreno				
Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Alquiler de retroexcavadora	Hora	1	\$35	\$35
Machete	unidad	1	\$11	\$11
Lampa	unidad	1	\$15	\$15
Carretilla	unidad	1	\$15	\$15
Total				76
Construcción del dique de contención (humedal superficial de flujo vertical)				
Arcilla	m^3	$1.6 m^3$	\$15	\$24

Geomembrana	Rollo	3.5 m ancho x 6.5 m largo	\$191	\$450
arena gruesa	m^3	$1.6 m^3$	\$16	\$25
grava fina	m^3	$1.6 m^3$	\$19	\$30
grava media	m^3	$1.6 m^3$	\$17	\$28
Total				\$557
Ensamblado del sistema de drenaje				
Tubería de PVC de 110 mm de diámetro	unidad	2	\$15	\$30
Codos	unidad	2	\$5	\$10
Pegamento (Kalipega)	unidad	1	\$5	\$5
Metro	-	1	\$3	\$3
Barreta	-	1	\$10	\$10
Total				\$58
Especies vegetales acuáticas <i>Eichhornia crassipes</i>	-	180	\$ 0.50	\$90
Total				\$90
				\$2.311

3 CAPITULO III

3.1 Análisis de la dimensión técnica de implementación de la propuesta

El sistema que se plantea en este proyecto es muy conocido en muchos lugares del mundo por su bajo costo y forma sencilla de funcionar, y es factible técnicamente dado que el proceso de depuración lo hacen las mismas plantas, mientras que el acople del sistema está diseñado de acuerdo a las exigencias de este proyecto, por tanto, los resultados serán favorables.

La mano de obra necesaria para implementar este proyecto es fácil de conseguir, así como las herramientas y materiales necesarias. Las operaciones y el mantenimiento son sencillos y pueden

llevarse a cabo a mediano plazo o como sea necesario. Así mismo el terreno donde se ubicará el proyecto está libre y con buenas propiedades físicas, y no representan un obstáculo para la obra.

3.2 Análisis de la dimensión económica de implementación de la propuesta

Para este análisis se tomaron los datos de la inversión obtenidos anteriormente y agregando 4000 mil dólares para capital de trabajo, que servirán para cubrir costos de operación inicial mano de obra temporal entre otros.

Tabla 10. Flujo de inversión

CONCEPTO	0	1	2	3	4	5
Herramientas para la construcción del sistema	-\$691,00					\$380,05
Activos biológicos	-\$90,00					\$68,63
Capital de trabajo	\$4.000,00					\$4.000,00
TOTAL	\$4.781,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$4.448,68

Tabla 11. Depreciación

CONCEPTO	0	1	2	3	4	5	TOTAL
Depreciación de las herramientas		\$62,19	\$62,19	\$62,19	\$62,19	\$62,19	\$310,95
Activo biológico (plantas)		\$4,28	\$4,28	\$4,28	\$4,28	\$4,28	\$21,38
TOTAL		\$66,47	\$66,47	\$66,47	\$66,47	\$66,47	\$332,33

Tabla 12. Flujo operacional

CONCEPTO	0	1	2	3	4	5
INGRESOS						
Ahorro por multa de 15 a 22 salarios básicos		\$8.080,15	\$8.285,39	\$8.495,84	\$8.711,63	\$8.932,91
TOTAL INGRESOS		\$8.080,15	\$8.285,39	\$8.495,84	\$8.711,63	\$8.932,91
GASTOS OPERATIVOS						
Recursos humanos		\$1.530,00	\$1.530,00	\$1.530,00	\$1.530,00	\$1.530,00
Gastos de mantenimiento		\$1.500,00	\$1.500,00	\$1.500,00	\$1.500,00	\$1.500,00
Depreciación		\$66,47	\$66,47	\$66,47	\$66,47	\$66,47
TOTAL DE EGRESOS		\$3.096,47	\$3.096,47	\$3.096,47	\$3.096,47	\$3.096,47

UTILIDAD NETA		\$4.983,69	\$5.188,92	\$5.399,37	\$5.615,17	\$5.836,44
Depreciación		\$66,47	\$66,47	\$66,47	\$66,47	\$66,47
TOTAL		\$5.050,15	\$5.255,39	\$5.465,84	\$5.681,63	\$5.902,91

Los ingresos se obtienen calculando el ahorro de la empresa por evitar las multas correspondientes por afectación de alto riesgo, el cual se tomó para 20 salarios básicos

Tabla 13. Flujo neto Financiero

CONCEPTO	0	1	2	3	4	5
Total de inversión	-\$4.781,00					\$4.448,68
Excedente o déficit		\$5.050,15	\$5.255,39	\$5.465,84	\$5.681,63	\$5.902,91
FLUJO NETO FINANCIERO	-\$4.781,00	\$5.050,15	\$5.255,39	\$5.465,84	\$5.681,63	\$10.351,58

Para la proyección de los ingresos se toma en cuenta la tasa de inflación, la misma que según datos del INEC es del 2.54% (INEC, 2019)

$$VALOR ACTUAL NETO = -INV.INIC. \pm \frac{F1}{(1+i)^1} + \frac{F2}{(1+i)^n} \dots$$

$$\begin{aligned}
 VAN &= \$ -4.781,00 + \frac{\$ 5.050,15}{(1+0,0254)^1} + \frac{\$ 5.255,39}{(1+0,0254)^2} + \frac{\$ 5.465,84}{(1+0,0254)^3} + \frac{\$ 5.681,63}{(1+0,0254)^4} + \frac{\$ 10.351,58}{(1+0,0254)^5} \\
 VAN &= \$ -4.781,00 + \frac{\$ 5.050,15}{1,0254} + \frac{\$ 5.255,39}{1,05144516} + \frac{\$ 5.465,84}{1,07815718671} + \frac{\$ 5.681,63}{1,1055369245} + \frac{\$ 10.351,58}{1,1336175624} \\
 VAN &= \$ -4.781,00 + \$ 4.925,05 + \$ 5.026,79 + \$ 5.069,64 + \$ 5.139,25 + \$ 9.131,46 \\
 VAN &= \$ -4.781,00 + \$ 29.292,19 \\
 VAN &= \$ 24.511,19
 \end{aligned}$$

Como se puede apreciar el proyecto genera un Valor Actual Neto de \$ 24.511,19 el mismo que es mayor a cero, por lo tanto, se producirá beneficios por encima de la rentabilidad exigida, por lo que se recomienda aceptar el proyecto.

VAN NEGATIVO

$$VALOR ACTUAL NETO = -INV.INIC. \pm \frac{F1}{(1+i)^1} + \frac{F2}{(1+i)^2} \dots$$

$$VAN = \$ -4.781,00 + \frac{\$ 5.050,15}{(1+1.089)^1} + \frac{\$ 5.255,39}{(1+1.089)^2} + \frac{\$ 5.465,84}{(1+1.089)^3} + \frac{\$ 5.681,63}{(1+1.089)^4} + \frac{\$ 10.351,58}{(1+1.089)^5}$$

$$VAN = \$ -4.781,00 + \$ 4.779,90$$

$$VAN = \$ -1,10$$

DATOS:

$$In = 2.54\%$$

$$Im = 108.90\%$$

$$VAN + = 24.511,19$$

$$VAN - = -1,10$$

$$TASA INTERNA DE RETORNO = In + (Im - In) \left[\frac{VAN +}{((VAN +) - (VAN -))} \right]$$

$$TIR = 0,0254 + (1,089 - 0,0254) \left(\frac{24.511,19}{24.511,19 - (-1,10)} \right)$$

$$TIR = 0,0254 + (1,0636) \left(\frac{24.511,19}{24.512,29} \right)$$

$$TIR = 0,0254 + (1,0636) (0,99)$$

$$TIR = 1,07 * 100$$

$$TIR = 107 \% \quad \text{VIABLE}$$

Como se puede apreciar la inversión es rentable, ya que según la Tasa Interna De Retorno el proyecto genera ahorros superiores al 2.54 %, por lo tanto, es recomendable aceptar el proyecto porque genera el máximo beneficio económico

3.3 Análisis de la dimensión social de implementación de la propuesta

La propuesta como tal, tiene como objetivo principal salvaguardar el bienestar de las personas que aprovechan el recurso agua para sus actividades cotidianas. La descontaminación del agua va a evitar el desplazamiento de los contaminantes al cauce principal permite que se garantice que las personas no adquieran enfermedades a corto, medio y largo plazo como daños en la piel y posiblemente algún tipo de cáncer. La OMS establece que alta exposición del arsénico por medio del agua o los alimentos puede causar cáncer a la piel, pulmones, vejiga, además de problemas cardiovasculares, diabetes, neurotoxicidad y bajo desarrollo, etc.

Los beneficiarios en su mayor parte son toda la población que se beneficia del agua potable que supuestamente debe llegar sin ningún contaminante, pero que no era así puesto que el arsénico aún seguía presente. Con la propuesta se va evitar que este metal no llegue al cauce principal y así afecte a la población.

De manera indirecta se protege que los alimentos y la carne producida por los habitantes del sitio que utilizan el agua contaminada para regar e hidratar a los animales. Los contaminantes encontrados pueden acumularse en los tejidos animales desplazarse hacia las personas con mucha facilidad.

3.4 Análisis de la dimensión ambiental de implementación de la propuesta

La quebrada El Panteón, se encontraba ubicada fuera del Área de Reserva Municipal de la microcuenca alta del Río Santa Rosa, por lo que, esta área luego del análisis conjuntamente con técnicos del SENAGUA se la consideró e incluyó dentro de la declaratoria de Área de Reserva de importancia hídrica, que será ingresada al SNAP.

Con la propuesta planteada se garantiza que la quebrada siga otorgando los beneficios ambientales para los que fue creada y que las personas puedan gozar de la calidad de agua necesaria para sus distintas actividades.

Los parámetros físicos pueden considerarse como testigos de la variación de la calidad del agua, ya que estos parámetros están relacionados con las características que definen la calidad del agua. La conductividad y la turbidez destacan la presencia de sólidos disueltos y sólidos en suspensión respectivamente, a medida que estos aumentan, la calidad del agua disminuye. El sistema de

tratamiento si se aplica de forma correcta va a permitir que se retenga una mayor cantidad de sólidos disueltos.

Una mejor calidad de agua de descarga a la microcuenca evita que los contaminantes afecten la diversidad acuática del río permitiendo que las especies se puedan desarrollar con mayor facilidad y puedan estar disponibles para las personas y que estos no representen un riesgo al momento de su consumo.

La propuesta que se establecerá es factible ambientalmente y sustentable dado que la materia prima utilizada es de origen natural y se consigue con mucha facilidad, también el costo energético. Así mismo su duración y su correcta disposición final permite que la calidad del recurso agua se vea garantizada a largo plazo al menos hasta dar con una solución definitiva al problema de las descargas mineras.

La propuesta no se vale químicos o sustancias dentro de los procesos operativos, ni tampoco existe una alta emisión de residuos tóxicos. De igual forma, la propuesta va a ayudar un mejor paisajismo dado que los sólidos suspendidos se van a reducir considerablemente, permitiendo una mejor percepción del agua del cauce.

CONCLUSIONES

Se concluye que la microcuenca alta del Río Santa Rosa se encuentra altamente afectada por los drenajes de la actividad minera, se encontró alto contenido de Arsénico, cadmio, mercurio, plomo e iones de hidrógeno que acidifican el agua de forma exorbitante. Las características físicas del agua presentan visibles signos de la afectación por sedimentos, las cuales oscurecen el agua dado la gran cantidad de sólidos disueltos en el agua y por la oxidación del hierro que le da el color amarillento-anaranjado en ciertas áreas del cauce.

Las interacciones socioeconómicas que afectan al medio ambiente tienen que ver con la nula diversificación de las actividades económicas, pues casi todas las familias del lugar se dedican a la minería y esto ha provocado un acelerado modelo de sobreexplotación. La despreocupación por el cuidado ambiental es evidente pues los estragos producto de las extracciones son más visibles en la partes bajas de la microcuenca.

También se concluye que la fitorremediación con lirio acuático permite que los actuales sistemas de tratamiento de drenajes de la concesión minera mejoren sustancialmente y con una mayor eficiencia. Este tipo de biotecnología permitirá que la empresa cumpla con los lineamientos legales y otorgue una mejor imagen, al mismo tiempo garantizando el cuidado del agua y del medio ambiente en general.

RECOMENDACIONES

Se recomienda probar con otras especies la fitorremediación de los drenajes mineros con el fin de poder aportar conocimientos y nuevos procedimientos para la conservación y protección del recurso hídrico, de igual forma, es aconsejable que se realicen pruebas sobre la eficiencia del sistema planteado con el fin de proponer mejoras que ayude a aumentar la biorremediación de los contaminantes presentes en el agua.

Se recomienda que se capacite a las personas que realizan las labores de extracción en las concesiones para que puedan concientizarse de los impactos negativos que están provocando sobre el cauce principal y que afecta a todo el cantón Santa Rosa, si bien es cierto, una mejor participación social en proyectos de mejora para el medio ambiente podría frenar la explotación desenfrenada de los recursos ambientales aun restantes.

Así mismo es recomendable que se abra una línea de comunicación para que la personas puedan denunciar de forma rápida y eficaz sobre posibles agravantes sobre la descarga de residuos mineros que puedan a atentar con la integridad de la población, con el propósito de dar una mejor respuesta a emergencias de alto riesgo.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre Núñez, M. (2011). La cuenca hidrográfica en la gestión integrada de los recursos hídricos . *Revista virtual REDESMA* .
- Almazán , M. T., Almazán , Á., Carreto, B., & et. al. (2016). Calidad y clasificación de usos del agua en la cuenca baja del río Papagayo, Guerrero, México. *Revista Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 293 - 305.
- Arias, A., Rivera, M., Roldan, A., Aceves, L., Quintero, R., & Hernandez, J. (2016). Uso de *Leersia hexandra* (Poaceae) en la fitorremediación de suelos. *contaminados con petróleo fresco e intemperizado*, 21-30. Recuperado el 26 de julio de 2019, de <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v65n1/0034-7744-rbt-65-01-00021.pdf>
- Bolaños, D., Montero, N., Rodriguez, N., & Anabelle, S. (2015). Surface water quality: study of creek Estero, located in the county of San Ramón, Costa Rica. *Revista Pensamiento Actual*, 15(25), 61 - 76. Recuperado el 25 de julio de 2019, de https://www.researchgate.net/publication/287201352_Calidad_del_agua_en_la_microcuenca_alta_de_la_quebrada_Estero_en_San_Ramon_de_Alajuela_Costa_Rica
- Carreño, F. (2015). Tratamientos de aguas industriales con metales pesados a través de zeolitas de biorremediación. Revisión del estado de cuestión. *Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo*, 70-80. Recuperado el 25 de julio de 2019, de https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ingenieria_sogamoso/article/view/3940
- Carreño, U. (2016). Diseño y evaluación de un biosistema de tratamiento a escala piloto de aguas de curtiembres a través de la *Eichhornia crassipes*. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 74-81. Recuperado el 26 de julio de 2019, de <https://www.redalyc.org/pdf/776/77649147009.pdf>
- Chassoul, M., & Rodríguez, C. (2018). Contaminación y disminución del embalse El Laguito, Costa Rica, por aguas urbanas: encuesta y propiedades físico-químicas. *Cuadernos de Investigación UNED*, 409-415. Recuperado el 30 de julio de 2019, de <https://www.scielo.sa.cr/pdf/cinn/v10n2/1659-4266-cinn-10-02-409.pdf>
- Cuadrado , W., Vicuña , C., & Torres , E. (2015). Evaluación de la planta *scirpus califonicus* (totora) en la eficiencia de remoción de de hierro en un prototipo de humedal construido de flujo superficial. *Revista Prospectiva Universitaria*, 42-48. Recuperado el 05 de agosto de 2019, de https://www.researchgate.net/publication/320750000_Evaluacion_de_la_planta_Scirpus_califonicus_Totora_en_la_eficiencia_de_remocion_de_fierro_en_un_prototipo_de_humedal_construido_de_flujo_superficial
- Delgadillo, O., Camacho, A., Pérez, L., & et al. (2011). *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales*. Cochabamba - Bolivia: Centro Andino para la Gestión y Uso del Agua.

- Ferrer , V., & P. Torrero, M. (2015). Manejo integrado de cuencas hídricas: cuenca del Río Gualjaina, Chubut, Argentina. *Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Jurídicas*, 615- 643. Recuperado el 22 de julio de 2019, de <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0041863318300255?token=2F5884EE7A52505AB470269E689862CD082E3BCCF3E0B104777679B81CF30ED9ECDE49AD74EF30EAE09604938E586283>
- Gaspari, J. F., & Senisterra , G. E. (2016). *Valoración de servicios ambientales para el ordenamiento agro hidrológico en cuencas hidrográficas*. Argentina: EDULP, Editorial de la Universidad de la Plata. Recuperado el 20 de julio de 2019, de http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/52722/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1
- Jaramillo, M., & Edison, F. (2012). *Fitorremediación mediante el uso de dos especies vegetales lemna minor (lenteja de agua) y eichornia crassipes (jacinto de agua) en aguas residuales producto de la actividad minera*. CUENCA.
- Marín, C., Solís, R., & López, G. (2016). Tratamiento de aguas residuales por humedales artificiales tropicales en Tabasco, México. *Revista Iberoamericana de las ciencias Biológicas y Agropecuarias*. Recuperado el 04 de agosto de 2019, de <file:///C:/Users/Ambiente/Desktop/Dialnet-TratamientoDeAguasResidualesPorHumedalesArtificial-5612691.pdf>
- Mayo, A., & Hanai, E. (2017). Modeling phytoremediation of nitrogen-polluted water using water hyacinth (*Eichhornia crassipes*). *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 170-180.
- Mendoza, Y., Pérez, J., & Galindo, A. (2018). Evaluación del aporte de las plantas acuáticas pistia stratiotes y eichhornia crassipes en el tratamiento de aguas residuales. *Revista información Tecnológica*, 205- 214. Recuperado el 26 de julio de 2019, de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642018000200205
- Mikembi, A., Zamba, A., Mamonekene, V., Ngot, H., Tenda, H., & Voudibio, J. (20 de April de 2019). Diversity and distribution of fish species along the Loua River, lower Congo river basin (Republic of the Congo, Central Africa). *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 171-176. Recuperado el 23 de julio de 2019, de <http://www.fisheriesjournal.com/archives/2019/vol7issue3/PartC/7-3-4-919.pdf>
- Noriega, B., Morales, A., Luna, R., Ulloa, T., Cruz, G., Serfin, A., & Gutierrez, N. (2016). Identificación de especies vegetales asociados a jales del distrito minero de Guanajuato. *Revista acta universitaria*, 71- 77. Recuperado el 10 de agosto de 2019, de <https://pdfs.semanticscholar.org/9353/8b74e9196edf18891df6c6897b519a34bd52.pdf>
- Pacurucu, F. (2012). *Nuevos métodos de explotación para la extracción mineral*. Cuenca- Ecuador.
- Pantoja, F., & Pantoja, S. (2016). Problemas y desafío de la minería de ro artesanal y en pequeña escala en Colombia. *Revista Facultad de Ciencias Económicas: Investigación y Reflexión*,

14(2), 147-160. Recuperado el 25 de julio de 2019, de <http://www.redalyc.org/pdf/909/90947653009.pdf>

Pereira, R., Muñoz, J., & Peluffo, D. (2017). Empleo del estropajo común (*luffa cylindrica*) en la remoción de contaminantes. *Revista de investigación Agraria y Ambiental*. Recuperado el 25 de julio de 2019, de https://www.researchgate.net/publication/318116749_Empleo_del_estropajo_comun_Luffa_cylindrica_en_la_remocion_de_contaminantes

Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Santa Rosa 2014-2017. (s.f.). *ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTÓN SANTA ROSA*. Santa Rosa.

Plata, A. M., & Ibarra, D. (2016). Percepción local del estado ambiental en la cuenca baja del río Manzanares. *Revista Luna Azul*, 235-255. Recuperado el 22 de julio de 2019, de <http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n42/n42a15.pdf>

Punitha, S., Sangeetha, K., & Bhuvaneshwari, M. (2015). Processing of water hyacinth fiber to improve its absorbency. *International Journal of Advanced Research*, 290-294. Recuperado el 27 de julio de 2019, de http://www.journalijar.com/uploads/501_IJAR-6678.pdf

Ramirez, A., Armijos, J., Jaramillo, N., & Peña, J. (15 de julio de 2019). Natural regeneration in altered areas and identification of potential forest species for water recovery in the microbasin of Jipiro river, Loja, Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 51-63. Recuperado el 15 de julio de 2019, de <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/download/494/389/>

Rivera, M., Izurieta, C., & Once, B. (2019). Valoración económica del servicio de provisión hídrica de la microcuenca del Río Chimborazo. *Revista NOVA Sinergia*, 97 -103. Recuperado el 24 de julio de 2019, de <http://novasinergia.unach.edu.ec/index.php/novasinergia/article/view/83/61>

Sharma, A., & Tiwari, K. (29 de Julio de 2019). Predicting non-point source of pollution in Maithon reservoir using a semi-distributed hydrological model. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191-522. Recuperado el 12 de julio de 2019, de <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10661-019-7674-y>

Solís, S., López, G., & Bautista, R. (2016). Evaluación de humedales artificiales de flujo libre y subsuperficial en la remoción de contaminantes de aguas residuales utilizando diferentes especies de vegetación macrófita. *Revista de Ciencia y tecnología*, 40- 47. Recuperado el 28 de julio de 2019, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5307282>

Uvalle, J., Cantú, C., González, F., & Herrera, B. (2018). Evaluación del grado de conservación de las cuencas hidrográficas de Nueva León, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 149-173. Recuperado el 01 de julio de 2019, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322018000600149

- Valdes, Y., & Villalejo, V. (2018). La gestión integrada de los recursos hídricos: una necesidad de estos tiempos. *Ingeniería hidráulica y ambiental.*, 58-72. Recuperado el 15 de julio de 2019, de <http://scielo.sld.cu/pdf/riha/v39n1/riha05118.pdf>
- Vargas , V., & Restrepo, I. (2018). Construction of index with artificial intelligence to evaluate vulnerabilty to climate change in andean tropical micro-watersheds. Study case in Colombia. *Revista DYNA*, 194- 203. Recuperado el 21 de julio de 2019, de <http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v85n204/0012-7353-dyna-85-204-00194.pdf>
- Vera, A., Ramos, K., Camargo, E., Andrade, C., Núñez, M., Delgado , J., . . . Morales, E. (2016). Phytoremediation of wastewater with high lead content and using *Typha dominguensis* and *Canna generalis*. *Revista técnica de la facultad de ingeniería, Universidad del Zulia*, 88-95. Recuperado el 28 de julio de 2019, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-07702016000200006
- Vera, I., Jorquera, C., López, D., & Vidal, G. (2016). Constructed Wetlands for Wastewater Treatment and Reuse in Chile: Reflections. *Revista Tecnología y ciencia del Agua*, 19-35. Recuperado el 01 de agosto de 2019, de <http://www.scielo.org.mx/pdf/tca/v7n3/2007-2422-tca-7-03-00019.pdf>
- Wang, H., He, P., & Shen, C. (2019). Effect of irrigation amount and fertilization on agriculture non-point source pollution in the paddy field. *Environ Sci Pollut Res Int.*, 10363-10373. Recuperado el 23 de julio de 2019, de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30761497>

4 ANEXOS

Anexo 1: Patio de maniobra mina el Guayabo



Anexo 2: Chorro de descarga del agua mina después del supuesto tratamiento.



Anexo 3: Piscina de sedimentación.



Anexo 4: Visita técnica a EMAPASR-EP.



Anexo 5: Entrevista a moradores del sitio El Guayabo



UTMACH

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS SOCIALES

CARRERA DE GESTIÓN AMBIENTAL

ENTREVISTA SOBRE LA CONTAMINACIÓN DE LA MICROCUENCA DEL RÍO SANTA ROSA

OBJETIVO: Recolectar información sobre las consecuencias que ocasiona el problema de la contaminación del agua con drenajes mineros sobre los moradores del Sitio El guayabo.

1. Esta ud. conciente que la quebrada el Panteón esta contaminado por la actividad minera.

SI ___

NO ___

2. Ud. ha utilizado el agua de la quebrada para usos cotidianos aseo, riego, baño, etc.

NUCA ___

A VECES ___

SIEMPRE ___

3. Ha sufrido ud. de alguna enfermedad producto del uso del agua de la quebrada o del cauce principal.

SI ___

NO ___

4. Ud. trabaja o a trabajado en alguna concesión minera de la zona.

SI ___

NO ___

5. Ha. Sufrido de algún accidente laboral o afección a la salud cuando laboraba en la mina.

SI ___

NO ___