

CARACTERIZACIÓN DE LOS SERVICIOS AMBIENTALES OTORGADOS POR LAS FRANJAS RIPARIAS EN LA QUEBRADA AGUA SUCIA EN EL DISTRITO DE RIEGO USOCOELLO EN EL MUNICIPIO DEL ESPINAL EMPLEANDO LAS HERRAMIENTAS AGUA ANDES Y FOREST WATCH CON EL FIN DE CREAR CONCIENCIA DE CONSERVACIÓN ENTRE LOS USUARIOS DEL DISTRITO

YURLEY LISBETH LOZANO CÁRDENAS

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL
GIRARDOT- CUNDINAMARCA
2016

CARACTERIZACIÓN DE LOS SERVICIOS AMBIENTALES OTORGADOS POR
LAS FRANJAS RIPARIAS EN LA QUEBRADA AGUA SUCIA EN EL DISTRITO
DE RIEGO USOCOELLO EN EL MUNICIPIO DEL ESPINAL EMPLEANDO LA
HERRAMIENTA AGUA ANDES Y FOREST WATCH CON EL FIN DE CREAR
CONCIENCIA DE CONSERVACIÓN ENTRE LOS USUARIOS DEL DISTRITO

YURLEY LISBETH LOZANO CÁRDENAS

Trabajo de pasantía para optar al título de Ingeniera Ambiental

LUIS EDUARDO MURILLO CARDOSO
Ingeniero Forestal

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL
GIRARDOT- CUNDINAMARCA
2016

Nota de Aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Girardot – Cundinamarca 06/04/2016

Dedico este trabajo a Dios y a mis
Padres quienes siempre
estuvieron a mi lado con su
compañía y apoyo

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo fue realizado con el acompañamiento y supervisión del ingeniero Luis Eduardo Murillo Cardoso y el Biólogo Jorge Rubiano, a quienes quiero expresar mi más profundo agradecimiento, por hacer posible la realización de esta pasantía.

Además, de agradecer su paciencia, tiempo y dedicación que tuvieron para que esto saliera de manera exitosa. Gracias por su apoyo, por ser parte de la columna vertebral de mi pasantía.

A mis padres, por brindarme la oportunidad de vivir y apoyarme en todo lo que me he propuesto.

A Dios, a quien encomendé desde un principio el desarrollo de esta etapa de mi vida, por darme la gracia de vivir y acompañarme en todo momento, guiándome por el camino de su santa voluntad.

A mis compañeros de universidad, por hacer parte de mi vida y compartir tantos momentos juntos y compartir tantas experiencias memorables de amistad.

A mis docentes de universidad, por su valiosa vocación a la enseñanza, por brindarme sus conocimientos y hacer posible mi formación profesional.

A la empresa Usocoello por brindar el espacio de aprendizaje acogedor, amigable, comprometido y honorable que contribuye al aprendizaje integral en que he sido formada.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN.....	16
OBJETIVOS	18
1.1 OBJETIVO GENERAL	18
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	19
2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	19
2.2 JUSTIFICACIÓN	19
MARCO TEÓRICO	22
MARCO LEGAL.....	28
MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
5.1 MATERIALES Y HERRAMIENTAS	29
5.2 METODOLOGÍA	29
DESARROLLO DEL PROYECTO	31
6.1 ESTIMACIÓN DE LOS IMPACTOS EN EL CLIMA Y LA HIDROLOGÍA DE LA MICROCUENCA AGUA SUCIA CON RESPECTO AL CAMBIO CLIMÁTICO...34	
6.1.1 Impactos en balance y huella hídrica local en la microcuenca Agua Sucia por cambio climático.	35
6.2 ESTIMACIÓN DE LOS IMPACTOS EN LA HIDROLOGÍA DE LA MICROCUENCA AGUA SUCIA CON RESPECTO A MEDIDAS DE POLITICA LOCAL EN CONSERVACION.....	40
6.2.1 Impactos en balance y huella hídrica en la microcuenca Agua Sucia con respecto a medidas de política local en conservación.	40
6.3 RECORRIDO QUEBRADA AGUA SUCIA.....	46
6.3.1 Zona 1 nacimiento de la quebrada:.....	47
6.3.2 Zona 2 visita de la quebrada:.....	49
6.3.3 Zona 3 visita de la quebrada:.....	50
6.3.4 Zona 4 desembocadura de la quebrada:.....	51
CRONOGRAMA	52

CONCLUSIONES.....53
RECOMENDACIONES.....54
BIB LIOGRAFÍA.....55
ANEXOS58

Lista de tablas

Tabla1: Comparación en <i>temperatura</i> : histórico – reporte ar4 (A2) y reporte cmip5 (rcp85).	34
Tabla 2: Proporción de cambio en el <i>balance hídrico</i> en relación al periodo histórico y escenario futuro a 2041.	36
Tabla 3: Proporción de cambio en la <i>huella hídrica</i> en relación al periodo histórico y escenario futuro a 2041.	37
Tabla 4: Proporción de cambio en la <i>interceptación de niebla</i> en relación al periodo histórico y escenario futuro a 2041.	38
Tabla 5: Proporción de cambio en la <i>evapotranspiración</i> en relación al periodo histórico y escenario futuro a 2041.	39
Tabla 6: Proporción de cambio en el <i>balance hídrico</i> en relación al periodo histórico y escenario futuro a 2041 (futuro 2).	42
Tabla 7: Proporción de cambio en la <i>huella hídrica</i> en relación al periodo histórico y escenario futuro a 2041 (futuro 2).	43
Tabla 8. Proporción de cambio en la <i>evapotranspiración</i> en relación al periodo histórico y escenario futuro a 2041 (futuro 2).	44
Tabla 9. Proporción de cambio en la <i>Interceptación de niebla</i> en relación al periodo histórico y escenario futuro a 2041 (futuro 2).	45
Tabla 10: Imágenes del nacimiento de la quebrada Agua Sucia.	48
Tabla 11. Imágenes de la zona 2 visitada de la quebrada Agua Sucia.	49
Tabla 12: Imágenes de la zona 3 visitada de la quebrada Agua Sucia.	50
Tabla 13: Imágenes de la desembocadura de la quebrada Agua Sucia.	51

Lista de gráficas

Gráfica 1. Porcentaje de predios visitados por quebrada. Fuente: Autor.....	21
Gráfica 2: Balance hídrico histórico. Fuente: Agua Andes	36
Gráfica 3: Balance hídrico futuro. Fuente: Agua Andes	36
Gráfica 4: Interceptación de niebla histórico. Fuente: Agua Andes	38
Gráfica 5: Interceptación de niebla futuro. Fuente: Agua Andes	38
Gráfica 6: Evapotranspiración histórica. Fuente: Agua Andes	39
Gráfica 7: Evapotranspiración futura. Fuente: Agua Andes.....	39
Gráfica 8: Balance hídrico histórico. Fuente: Agua Andes.	42
Gráfica 9: Balance hídrico futuro 2. Fuente: Agua Andes.	42
Gráfica 10: Evapotranspiración histórico. Fuente: Agua Andes.....	44
Gráfica 11: Evapotranspiración futuro 2. Fuente: Agua Andes.....	44
Gráfica 12: Interceptación de niebla histórico. Fuente: Agua Andes.	45
Gráfica 13: Interceptación de niebla futuro 2. Fuente: Agua Andes.	45

Lista de imágenes

Imagen 1. Zonas de amortiguación bosques riparios Fuente: Agroforestry in action.	24
Imagen 2. Datos arrojados por la herramienta global forest. Fuente: Global forest.	32
Imagen 3: Nacimiento de la quebrada Agua Sucia. Fuente: Autor	48
Imagen 4: Canal que aporta al caudal del nacimiento de la quebrada. Fuente: Autor	48
Imagen 5: Estructura que permite el paso del nacimiento por debajo de la carretera. Fuente: Autor	48
Imagen 6: Carretera vía guamo por donde pasa debajo la quebrada. Fuente: Autor	48
Imagen 7: Salida paso de la carretera. Fuente: Autor	48
Imagen 8: Franja riparia del nacimiento de la quebrada. Fuente: Autor.	48
Imagen 9: Quebrada Agua Sucia y visualización de la franja dentro de la quebrada. Fuente: Autor	49
Imagen 10: Franja de la quebrada visualización desde fuera de la quebrada. Fuente: Autor	49
Imagen 11: Franja riparia de la zona 3 con alta biodiversidad de vegetación en la quebrada Agua Sucia. Fuente: Autor	50
Imagen 12: Vertimientos de cultivos a la franja de la quebrada en la zona 3. Fuente: Autor	50
Imagen 13: Existencia de fauna y flora en la zona 3 de la franja riparia de la quebrada Agua Sucia. Fuente: Autor	50
Imagen 14: Panorámica de la desembocadura, franja deforestada y problemas de erosión. Fuente: Autor.	51
Imagen 15: Panorámica de la desembocadura, contraste de franja riparia deforestada y reforestada. Fuente: Autor	51

Lista de mapas

Mapa 1. Zonificación del área en la herramienta global forest. Fuente: Global Forest.	31
Mapa 2. Mapa área a trabajar señalando la quebrada Agua Sucia. Fuente: Agua Andes.	32
Mapa 3. Satelital área a trabajar señalando la quebrada Agua Sucia. Fuente: Agua Andes.	33
Mapa 4. Cuadrante de análisis de la herramienta. Fuente: Agua Andes.	33
Mapa 5: Balance hídrico histórico visualización de la quebrada Agua Sucia. Fuente: Agua Andes	36
Mapa 6: Balance hídrico futuro visualización de la quebrada Agua Sucia. Fuente: Agua Andes	36
Mapa 7: Huella hídrica histórica visualización de la quebrada Agua Sucia. Fuente: Agua Andes	37
Mapa 8: Huella hídrica futuro visualización de la quebrada Agua Sucia. Fuente: Agua Andes	37
Mapa 9: Balance hídrico histórico visualización de la quebrada Agua Sucia. Fuente: Agua Andes.	42
Mapa 10: Balance hídrico futuro 2visualización de la quebrada Agua Sucia. Fuente: Agua Andes.	42
Mapa 11: Huella hídrica histórico visualización de la quebrada Agua Sucia. Fuente: Agua Andes.	43
Mapa 12: Huella hídrica futuro 2 visualización de la quebrada Agua Sucia. Fuente: Agua Andes.	43
Mapa 13: Visualización de la quebrada Agua Sucia y las franjas riparias. Fuente: Google Earth	46
Mapa 14: Zona 1 Perfil altimétrico longitudinal del nacimiento de la quebrada Agua Sucia. Fuente: Google Earth.	47
Mapa 15: Zona 2 Perfil altimétrico longitudinal de punto visitado de la quebrada Agua Sucia. Fuente: Google Earth.	49
Mapa 16: Zona 3 Perfil altimétrico longitudinal del punto visitado de la quebrada Agua Sucia. Fuente: Google Earth.	50
Mapa 17: Zona 4 Perfil altimétrico longitudinal de la desembocadura de la quebrada Agua Sucia. Fuente: Google Earth.	51

Lista de anexos

Anexo A. Diapositivas a Usuarios Usocoello.....	58
Anexo B. Folleto de Socialización.....	58

GLOSARIO

AGRICULTURA INTENSIVA: Forma de cultivo propio de las zonas de gran presión demográfica, en las que se obtienen varias cosechas al año a base de la utilización de grandes cantidades de abonos, plaguicidas y del agotamiento del suelo. Poco a poco las plagas se vuelven resistentes y hay que aumentar las dosis de productos químicos que se añaden a la tierra, con lo que ésta se vuelve improductiva con el tiempo¹.

BALANCE HÍDRICO: el concepto de balance hídrico se deriva del concepto de balance en contabilidad, es decir, que es el equilibrio entre todos los recursos hídricos que ingresan al sistema y los que salen del mismo, en un intervalo de tiempo determinado².

BIOSFERA: es la parte de la Tierra en la que habitan los organismos vivos. Es una capa delgada sobre la superficie del planeta, de irregular grosor y densidad³.

CUENCA HIDROGRÁFICA: Entiéndase por cuenca u hoya hidrográfica el área de aguas superficiales o subterráneas, que vierten a una red natural con uno o varios cauces naturales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor que, a su vez, puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar⁴.

FRANJAS VEGETALES RIPARIAS: dentro del texto también llamadas “Zonas riparias” “franjas riparias” “vegetación de ribera” “franjas ribereñas”. Igualmente, conocidas como “buffers” las franjas vegetales riparias son aquellas superficies vegetales que rodean cursos y masas de agua, y que cumplen una función de protección de la calidad del recurso hídrico, reducción de la erosión de los cauces, y mejora del hábitat de las especies de flora y fauna asociadas⁵.

HUELLA HÍDRICA: La media anual de huella humana sobre la calidad del agua (contaminación), media del porcentaje de agua que pueda estar contaminada

¹ MANUAL DE LOMBRICULTURA. Diccionario - Glosario Lombricultura y Ag. Orgánica. Agricultura intensiva. [en línea] [consultado en 2/03/2016] Disponible en: <<http://www.manualdelombricultura.com/glosario/pal/215.html>>

² HERNÁNDEZ RIVERA, Max Adalberto. Curso Sub Regional Manejo Integrado de Agua y Áreas Costeras. Balance Hídrico y Caudal Ecológico: Métodos de evaluación de cantidad y disponibilidad de los recursos hídricos y ecosistemas conexos. En: programa de las naciones unidas para el medio ambiente-PNUMA. [en línea] (06/2010) <http://www.pnuma.org/agua-miaac/SUBREGIONAL%20MESO/MATERIAL%20ADICIONAL/PRESENTACIONES/PONENTES/Tema%20%20-%20Herramientas%20para%20MIAAC/Balance%20Hidrico%20y%20Caudal%20Ecologico%20-%20M%20Hernandez/Balance%20Hidrico.pdf> [consultado en 02/05/2016].

³ CURTIS, BARNES, SCHNEK, MASSARINI. La biosfera. [en línea]. [consultado en 2/03/2016]. Panamericana. Curtis biología. 7ª edición. Disponible en < <http://www.curtisbiologia.com/biosfera>>.

⁴ ALCALDÍA DE BOGOTÁ. Decreto 1640 de 2012. Artículo 3. Definiciones. Cuenca hidrográfica. [en línea] [citado en 24/05/2016]. Disponible en: <<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=49987>>

⁵ INSTITUTO DE ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEA - GRUPO DE TRABAJO ACADÉMICO EN INGENIERÍA HIDRÁULICA Y AMBIENTAL. Estimación de las áreas de protección ambiental en la zona urbana del vergel - municipio de Ibagué, cuenca del río chipalo. CORTOLIMA. Manizales. 2010. 24 p.

(índice de la huella humana)⁶. Sobre este concepto se emiten los mapas del presente trabajo.

INTERCEPTACIÓN DE NIEBLA: El aporte hídrico de niebla se debe a su interceptación por la vegetación, que convierte agua atmosférica en precipitación horizontal, facilitando así su entrada al ecosistema⁷.

PRECIPITACIÓN: es cualquier producto de la condensación del vapor de agua atmosférico que se deposita en la superficie de la Tierra. Ocurre cuando la atmósfera (que es una gran solución gaseosa) se satura con el vapor de agua, y el agua se condensa y cae de la solución (es decir, precipita). El aire se satura a través de dos procesos: por enfriamiento y añadiendo humedad. La precipitación que alcanza la superficie de la tierra puede producirse en muchas formas diferentes, como lluvia, lluvia congelada, llovizna, nieve, aguanieve y granizo⁸.

RIPARIOS: perteneciente al banco de un río⁹.

SERVICIOS AMBIENTALES: Los Servicios Ambientales del Bosque (SAB) son los beneficios que la gente recibe de los diferentes ecosistemas forestales, ya sea de manera natural o por medio de su manejo sustentable, ya sea a nivel local, regional o global. Los servicios ambientales influyen directamente en el mantenimiento de la vida, generando beneficios y bienestar para las personas y las comunidades. Son ejemplos de servicios ambientales del bosque: Captación y filtración de agua; Mitigación de los efectos del cambio climático; Generación de oxígeno y asimilación de diversos contaminantes; Protección de la biodiversidad; Retención de suelo; Refugio de fauna silvestre; Belleza escénica, entre otros¹⁰.

⁶ AGUA ANDES. Results maps. [en línea] [citado en 5/05/2016]. Disponible en: <<http://www1.policysupport.org/cgi-bin/simterra/v1/simterra/pss/controls.cgi?model=ecoengine&username=xyzr175zn3e%5Ejap20z5%A3ua2&language=xyzxo%5E9m&usertype=xyznuzxopznp&whichform=xyz7xn15pn%5E20cn&commercial=xyzA05nx&custom=xyzA05nx&project=xyz09100okxn&viewer=xyz9x&version=xyzq&tab=xyz7xn15pn%5E20cn>>.

⁷ INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA NATURALEZA, TERRITORIO Y ENERGÍAS RENOVABLES – INTE-PUCP. Investigaciones. El rol de la interceptación de niebla en el balance hídrico del bosque nublado tropical montano del valle de Kosñipata, Departamento de Cusco. [en línea] [consultado en: 5/05/2016]. Disponible en: <<http://neptuno.pucp.edu.pe/cein/inte/de/investigacion/balance-hidrico-bosque-kosnipata/>>.

⁸ CICLO HIDROLÓGICO.COM. precipitación. [en línea] [citado en 02/05/2016]. Disponible en: <<http://www.ciclohidrologico.com/precipitacion>>

⁹ ARCOS, I. Efecto del ancho los ecosistemas riparios en la conservación de la calidad del agua y la biodiversidad en la microcuenca del río Sesemiles, Copán, Honduras, Tesis de Maestría, CATIE, Costa Rica. 2005. 17 p.

¹⁰ SECRETARÍA DE MEDIOAMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. Servicios ambientales. Comisión nacional forestal. [24/02/2015] [en línea] [consultado en: 2/03/2016]. México. Disponible en <<http://www.conafor.gob.mx/web/temas-forestales/servicios-ambientales/>>.

RESUMEN

El proyecto consiste en caracterizar los beneficios ambientales que tienen las franjas vegetales de protección que se encuentran a los lados de la quebrada Agua Sucia empleando la herramienta de AguaAndes para la concientización de los usuarios con respecto a la conservación y cuidado de las franjas riparias.

Se ha compilado información cuantitativa que sirve al distrito para la concientización de los usuarios del cuidado de estas franjas vegetales riparias que contribuyen a la preservación del recurso hídrico el cual se encuentra actualmente muy amenazado.

Se ha hecho el análisis de las proyecciones a mediano plazo que muestran la pérdida de servicios ambientales si no se protegen las franjas vegetales riparias.

Esta información ha sido obtenida por medio de la utilización de la herramienta de análisis digital llamada AguaAndes.

AguaAndes es una herramienta desarrollada por CGIAR Programa Reto del Agua y la Alimentación (CPWF) proyecto focal de la cuenca de los Andes BFP – ANDES. La cual tiene como objetivo permitir a los analistas y tomadores de decisiones poner a prueba los potenciales impactos *in situ* y *ex situ* de los posibles impactos del cambio climático y de las decisiones de gestión de la tierra y el agua en términos de su capacidad para mantener los servicios ambientales y el bienestar humano. El sistema se proporciona en inglés y español con una serie de definiciones futuras para el cambio (climático y económico), las intervenciones de política y ejercicios normativas para examinar las consecuencias deseadas y no deseadas de ciertas decisiones¹¹.

Palabras claves: Franjas riparias, beneficios ambientales, herramienta de análisis Agua Andes.

¹¹ Asociación para el Progreso de las Comunicaciones (APC). AguaAndes [en línea] [citado en 29/02/2016]. Disponible en: <<https://www.apc.org/es/resources/aguaandes>>.

INTRODUCCIÓN

Entender la magnitud del daño ecológico y la pérdida de bienes y servicios ambientales que se dan por la deforestación no es tarea fácil, en especial cuando se está en una sociedad en la que hasta ahora se intenta construir una cultura ambiental. Sumado a esto existe poca información acerca de lo que aporta la conservación en las áreas locales y de esta manera se hace difícil concientizar sobre la riqueza que se pierde por no buscar la preservación del ambiente.

En búsqueda de información local que ayude a comprender la importancia de la preservación se desarrolla el presente informe en el cual, tomando como muestra una quebrada (quebrada Agua Sucia) del municipio del Espinal – Tolima se hace un análisis de servicios ambientales que otorgan las franjas riparias que se encuentran a lado y lado de la quebrada las cuales son obligatorias según el artículo 14 del Decreto 1541 de 1978.

El análisis se ha realizado utilizando la herramienta Agua Andes que arroja datos históricos entre los años (1950 a 2000) actuales y también permite estimar escenarios a futuro (2041 a 2060) de acuerdo a impactos del cambio climático o decisiones de política en conservación o no de la microcuenca.

La metodología realizada ha sido inicialmente la delimitación de la zona riparia de la microcuenca a través de la herramienta (On Line) Forest Watch, que permite estimar el área (has) de la cuenca, y calcular la tasa de deforestación desde el año 2000 a 2014.

Los análisis de los impactos del cambio climático y escenarios bajo medidas de conservación en la cuenca fueron desarrollados con la herramienta Agua Andes.

Analizar los impactos del cambio climático bajo modelos Ar4 y Cmp5 en escenarios pesimistas A2, permitió determinar los impactos sobre el servicio ambiental de provisión hidrológica en la cuenca, bajo las variables huella hídrica, balances del agua, y capacidad de los bosques para interceptar la niebla y humedad.

También se desarrolló un escenario de conservación en la cuenca, a partir de tomar decisiones en el distrito de riego en generar sistemas de cultivos más sostenibles, y se verifico los beneficios ambientales en la calidad del agua y los balances de agua en la cuenca.

Esta información generada se espera sea un insumo para sensibilizar los agricultores y a los directivos de Usocoello, sobre los beneficios en la protección de estos ecosistemas altamente fragmentados, los cuales generan una diversidad de servicios ambientales de soporte, regulación, aprovisionamiento y paisajístico para la región.

Los resultados, se espera sean una referencia concreta de los aportes que harían sistemas agrícolas y de cultivos más sostenibles, a la conservación del agua en la microcuenca Agua Sucia del Espinal.

Para finalizar, se realizó una presentación en Power Point con la síntesis del estudio.

OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Comprender los impactos del cambio climático sobre los servicios ambientales hidrológicos que caracterizan las franjas riparias de la microcuenca Agua Sucia, como insumo técnico para adelantar procesos de sensibilización ambiental a los usuarios de Usocoello, que permita la conservación de este ecosistema en el municipio del Espinal.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las tasas de deforestación en el periodo 2000 a 2014 en la cuenca.
- Determinar los impactos del cambio climático en el agua (huella hídrica, balances de agua), y las mejoras en este servicio ambiental, derivado de medidas de conservación.
- Identificar y socializar con el distrito las proyecciones de impactos y beneficios sobre los servicios ambientales por cambio climático y decisiones locales de conservación a través de agricultura sostenible.
- Establecer recomendaciones de gestión y conservación que mitiguen los impactos que ejercen el cambio climático y la agricultura intensiva sobre la microcuenca.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La asociación de usuarios de los distritos de adecuación de tierras de los ríos Coello y Cucuana (Usocoello), que maneja el recurso hídrico para el riego de 22.000 has en los municipios Espinal, Guamo y Flandes, es consciente como entidad que el agua es un recurso de enorme importancia, que hay que preservar, en este sentido el Departamento de Conservación del distrito se han implementado unos certificados de protección de franjas riparias para aquellos predios que se encuentran colindando con quebradas, sin estos certificados el departamento de operaciones (el cual se encarga de abrir el riego a los predios) no aprueba el riego de los cultivos que colindan con quebradas que no tienen su certificado.

En las visitas realizadas por el Departamento de Conservación se ha encontrado que algunos usuarios talan estas franjas de protección para poder tener más terreno en donde cultivar y esto evidencia que existe por parte de los usuarios una falta de conciencia ambiental, que en su mayoría es por desconocimiento de los importantes servicios ambientales que estas franjas de protección brindan al contribuir en gran manera a la preservación de las quebradas y con ellas a la vida.

La problemática que el presente trabajo pretende abordar es la generación de información científica, de tipo hidrológica, de los impactos del cambio climático y los beneficios de tomar medidas de agricultura de conservación en Usocoello.

Lo cual ayudará a mejorar los servicios ambientales de aprovisionamiento y de regulación como lo son los balances de agua (disponibilidad) y huella hídrica (proporción de agua contaminada por actividades productivas), sobre este tipo de franjas riparias asociadas a quebradas ubicadas en el distrito de riego Usocoello.

2.2 JUSTIFICACIÓN

Según la FAO la región Andina concentra el mayor desarrollo industrial y urbano que ha propiciado el crecimiento sectorial de la economía nacional y debido al manejo inadecuado es, igualmente, generador de los mayores procesos de contaminación y de degradación de la oferta ambiental¹².

El incremento de actividades agrícolas con cultivos monoespecíficos y bajo sistemas de labranza inadecuados trae consecuentemente procesos de erosión de

¹² FAO. Estado de la información forestal en Colombia... depósito de documentos de la FAO. [en línea] [citado en 29/02/2016]. Capítulo VIII. Estado actual de la información sobre recursos forestales y cambio en el uso de la tierra (instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales - (IDEAM), consultores FAO) Disponible en: <<http://www.fao.org/docrep/006/ad392s/ad392s10.htm>>

los suelos, contaminación del recurso hídrico causado por el uso indiscriminado de plaguicidas y deforestación¹³.

Usocoello no cuenta aún con información técnica basada en modelos hidrológicos y climáticos, que generen información de detalle a 1 ha de resolución de las zonas, sobre los impactos del cambio climático y de escenarios si se toman medidas de políticas hacia sistemas de cultivos más sostenibles en el distrito de riego, y sus impactos en dos variables hidrológicas, que se constituyen en servicios ambientales estratégicos para una cuenca rural como lo son los balances de agua y huella hídrica. Información técnica que puede ser un insumo importante para guiar estrategias de manejo, conservación y gestión en el Departamento de Conservación de Usocoello y para la Alcaldía Municipal, como primera autoridad ambiental local.

La frontera agrícola amenaza la subsistencia de los ecosistemas riparios, por ello en el distrito de riego Usocoello en el semestre B del año 2015 se efectuaron visitas a predios con franjas riparias, en donde se contabilizaron las visitas realizadas en los meses de agosto, septiembre y octubre. Los resultados fueron 50 predios visitados que comprendían 1083,52 hectáreas, en 17 diferentes quebradas del municipio (grafica 1), en donde la quebrada con mayor porcentaje de visitas fue la quebrada Serrezuela (Esta quebrada no se ha tomado como muestra debido a que queda fuera del municipio del Espinal y el estudio se pretende efectuar dentro del municipio) y la cuarta con mayor visita ha sido la quebrada Agua Sucia¹⁴.

En la quebrada Agua Sucia se visitó el 6% de los predios y todos ellos cumplían el requerimiento. Se ha tomado como muestra ya que es una quebrada que atraviesa una sección del municipio del Espinal.

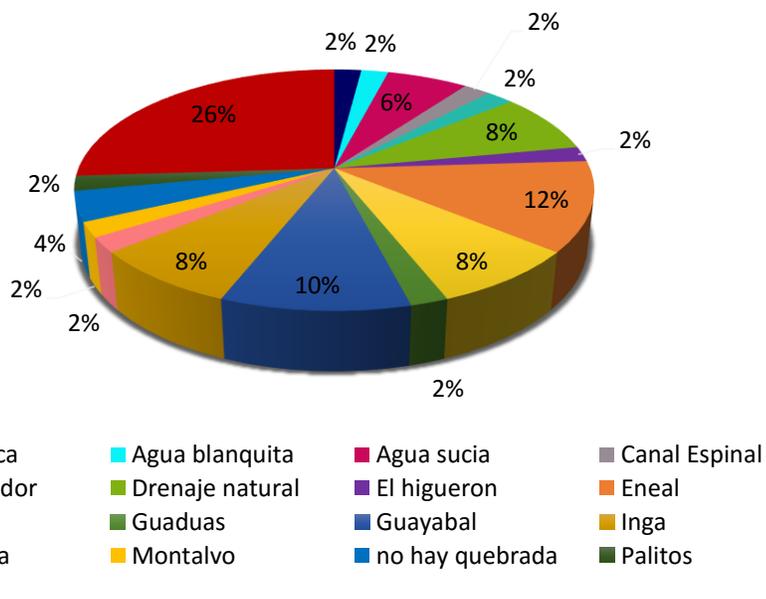
El estudio se ha hecho a nivel local con el fin de lograr dar conocimiento acerca de los servicios ambientales que brindan las franjas riparias en el municipio, dar al distrito información que sirva para crear mayor conciencia en los usuarios y así pueda ser cumplido el requerimiento del decreto 1541 de 1978 en el distrito¹⁵.

¹³ *Ibíd.*

¹⁴ LOZANO, Yurley. Estadística visita franjas protectoras práctica empresarial Usocoello. Girardot. 2015.

¹⁵ *Ibíd.*

Porcentaje de predios visitados por quebrada



Gráfica 1. Porcentaje de predios visitados por quebrada. Fuente: Autor.

MARCO TEÓRICO

Franjas riparias

Un área riparia es un área que se encuentra junto o directamente influenciada por un cuerpo de agua, riparios significa “perteneciente al banco de un río” por lo tanto, se refiere a comunidades bióticas que viven a ambos lados de los ríos, quebradas, lagos e incluso algunos humedales. Con base en la definición anterior podemos incluir ciertas características que pueden definir un bosque ripario como: ecosistema que se encuentra inmediatamente a ambos lados de quebradas y ríos, incluyendo los bancos aluviales y humedales, terrazas de inundación, las cuales interactúan con el río en tiempos de crecidas o inundaciones; vegetación que depende de un suministro de agua en el suelo, la cual es proveída por un río adyacente; ecosistemas adyacentes a drenajes y canales que desembocan en quebradas ríos o humedales, o simplemente como áreas que rodean lagos¹⁶.

Las franjas ribereñas como zonas de amortiguamiento son elementos vitales de las cuencas hidrográficas, debido principalmente a la protección de la calidad del agua. Estas franjas de vegetación son ecosistemas complejos que proveen de alimento y hábitat para plantas y especies animales únicas y son esenciales para el control de la contaminación de fuentes difusas. De hecho, la eliminación de la vegetación ribereña, principalmente con fines de desarrollo, ha dado lugar a la degradación de los recursos hídricos¹⁷.

Las zonas ribereñas varían ampliamente en sus características físicas, que se expresan claramente por una serie de estrategias de vida y patrones de sucesión. En consecuencia, estas áreas se encuentran entre los sistemas ecológicos más complejos de la biosfera y también entre los más importantes para mantener la vitalidad del paisaje y de sus ríos¹⁸.

Otra de las características importantes de las zonas riparias es la marcada influencia sobre la organización de la diversidad y la dinámica de las comunidades asociadas con ecosistemas acuáticos y terrestres¹⁹.

Las áreas riparias usualmente mantienen una biodiversidad alta de flora y fauna en comparación con las áreas no riparias, siendo en muchos casos el refugio de especies vulnerables de plantas y animales²⁰.

¹⁶ ARCOS, I. Efecto del ancho los ecosistemas riparios en la conservación de la calidad del agua y la biodiversidad en la microcuenca del río Sesesmilés, Copán, Honduras, Tesis de Maestría, CATIE, Costa Rica. 2005. 17 p.

¹⁷ HAWES, E. y SMITH, M. Riparian buffer zones: functions and recommended widths. For the eight mile river wild and scenic study committee. 2005. 3 p.

¹⁸ ROBERT, J.; NAIMAN, E.; ROBERT, E.; BILBY, PETER, A.; BISSON, P. Riparian Ecology and Management in the Pacific Coastal Rain Forest. BioScience 50 (11). 2000. p 996-1010.

¹⁹ BERNAD, Lucía. Franjas de vegetación riparia: usos y funciones, maestría en manejo y conservación de rec naturales para la agricultura. Buenos aires; 2008.

²⁰ Ibíd.

Al tener alta biodiversidad de flora pueden servir como corredores biológicos. Cuanto mayor sea la conectividad entre los parches-hábitats, los animales podrán desplazarse de sitio en sitio con mayor facilidad. Lógicamente esto ayuda a mantener las poblaciones de vida silvestre en bosques y parches de áreas arboladas. Uno de los factores que caracterizan las áreas riparias es el exceso de sedimentos y nutrientes, principalmente fósforo y nitrógeno, procedentes de las áreas de cultivo. Estos componentes afectan drásticamente la calidad del agua, trayendo aparejado en algunos casos la pérdida de los hábitats disminuyendo en consecuencia las diversas formas de vida acuática. Las funciones principales del bosque ripario son las de retardar y reducir la escorrentía superficial utilizando para ello el exceso de nutrientes, atrapar los sedimentos y otros contaminantes que se desprenden de los suelos descubiertos o suelos de cultivos, proteger los cuerpos de agua, y aumentar además la infiltración en las áreas de inundación por acción de las raíces de las plantas que crecen en estas áreas ²¹.

En la actualidad las franjas ribereñas representan a los ecosistemas de mayor biodiversidad y valor ecológico que se degradan a un nivel muy acelerado, que han desaparecido de las partes medias y bajas de las cuencas hidrográficas debido, principalmente, a la agricultura intensiva, urbanizaciones, vías de comunicación, o por estar sometidas a un aprovechamiento incontrolado en la extracción de minerales, recursos maderables, pastoreo, entre otros factores²².

La más alta prioridad para la gestión de la vegetación de ribera debe ser la protección de áreas en buenas condiciones. Es mucho más rentable proteger estas áreas que rehabilitarlas más tarde debido a la mala gestión. La protección de las zonas en buen estado ofrece beneficios para la calidad del agua, la condición física de la corriente acuática y la ecología terrestre²³. Por ello es importante tener en cuenta las siguientes directrices: “Malas hierbas (Limitar las oportunidades de malas hierbas que invaden), Fuego (Entender la respuesta de fuego de una comunidad vegetal o una especie determinada), monitoreo del sitio (Vigilar la zona de ribera con regularidad para reducir el riesgo de desarrollar problemas o que lleguen a ser más graves)”²⁴.

Se logra ver entonces la importancia de las franjas riparias, en especial al brindar servicios ecosistémicos de gran valor. Haciendo una síntesis de ellos una franja ribereña, como zona de amortiguamiento contigua al río, tiene varias funciones entre las que se puede mencionar: reducción de la escorrentía hacia los cauces de agua, filtración de contaminantes, nutrientes y sedimentos, estabilización de las orillas, suministro de alimentos y nutrientes para organismos acuáticos y suministro de alimentos para los seres humanos que utilizan y aprovechan esta zona. Su

²¹ *Ibíd.*

²² GONZÁLEZ CUEVA, Mario. Análisis de la normativa, criterios y escenarios para la determinación del ancho de franjas ribereñas como áreas de protección en Costa Rica. Tesis de maestría. centro agronómico tropical de investigación y enseñanza escuela de posgrado. 2011. 105 p.

²³ LOVETT, S. & PRICE, P. Riparian Land Management Technical Guidelines, Volume Two: On-ground Management Tools and Techniques. LWRDC, Canberra. ISBN 0 642 26775 8 (set of 2 vols). 1999. p 68 -72.

²⁴ *Ibíd.*

proximidad al agua permite el desarrollo de un microclima agradable que sirve de refugio y proporciona una alta diversidad de plantas y animales²⁵.

Zonas de amortiguación de bosques riparios:

Zona 1. área estrecha cercana a la orilla del arroyo, que a menudo incluye una mezcla de árboles nativos, arbustos y herbáceas adaptadas a las llanuras de hidrología inundables. El efecto principal de la Zona 1 es estabilizar las orillas del río y proporcionar restos de madera para el hábitat acuático.

Zona 2. un área mucho más amplia adyacente a la zona 1 que consiste en árboles de crecimiento rápido y arbustos que pueden tolerar inundaciones periódicas. su objetivo principal es la captación de la calidad del agua y almacenamiento de nutrientes. tallos leñosos también agua de la inundación lenta. zona de árboles puede ser administrado para obtener ingresos adicionales a partir de nueces, bayas o productos florales leñosas.

Zona 3. son zonas adyacentes a campos de cultivo o tierras con pastos que proporcionan una alta infiltración, filtración de sedimentos, absorción de nutrientes y puede ayudar a dispersar la concentración de la escorrentía. Los pastos nativos y arbustos como flora silvestre, son normalmente preferidos por sus múltiples beneficios y adaptabilidad²⁶.

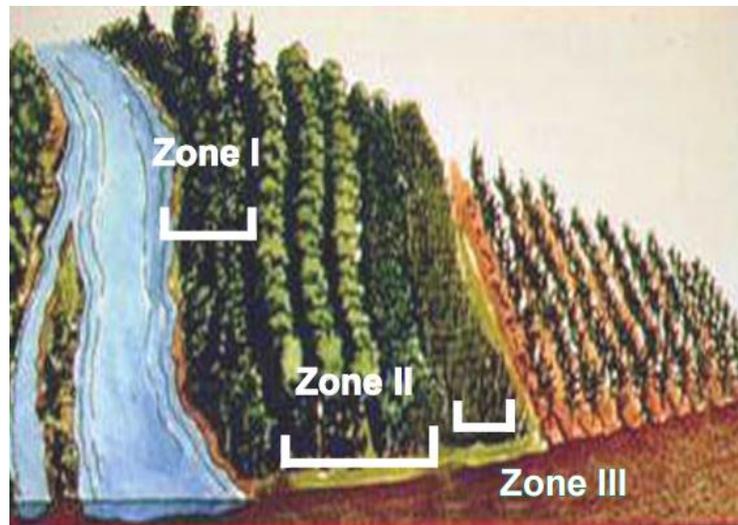


Imagen 1. Zonas de amortiguación bosques riparios Fuente: Agroforestry in action²⁷.

²⁵ GONZÁLEZ CUEVA, Mario. Análisis de la normativa, criterios y escenarios para la determinación del ancho de franjas ribereñas como áreas de protección en Costa Rica. Tesis de maestría. centro agronómico tropical de investigación y enseñanza escuela de posgrado. 2011. 105 p.

²⁶ GARRENT, Gene. Establishing and managing riparian forest buffers, Agroforestry in action, University of Missouri center for agroforestry. 2005. AF 1009, US. 20 p.

²⁷ Ibíd. 2 p.

Teledetección y herramientas SIG

Los Sistemas de Información Geográfica son programas informáticos que proporcionan herramientas para el procesamiento, gestión, análisis y representación de datos con una componente cartográfica en formato digital. Estas tecnologías están integradas por equipos (hardware), programas informáticos (software) que permiten manejar datos espaciales (información geográfica) y realizar análisis complejos con éstos por personal especializado. Un concepto clave de todo Sistema de Información Geográfica, es el de superposición de capas temáticas²⁸.

La Teledetección o percepción Remota (Remote Sensing) consiste en el análisis de imágenes obtenidas normalmente por satélite que muestran una gran cantidad de información para numerosas aplicaciones. Su periodicidad, disponibilidad, diferentes grados de resolución, así como los diversos sensores que transportan nos permite trabajar de forma óptima sea cual sea su necesidad o área de trabajo²⁹.

Compandes, el programa por el cual se hizo necesaria la creación de la herramienta de análisis AguaAndes se ha desarrollado como un sistema de apoyo de Negociación (NSS “Negotiation Support System”) para negociaciones en torno a los mecanismos de distribución de beneficios para el agua. El NSS incorpora conjuntos de datos espaciales detallados a 1 km cuadrados y 1 hectárea de solución para todo el mundo, modelos espaciales de los procesos biofísicos y socioeconómicos, junto con escenarios de clima y el uso de la tierra. El NSS calcula una línea de base para el suministro de agua corriente y permite una serie de intervenciones de política (opciones) o escenarios de cambio que se utilizará para entender su impacto en el suministro de agua a las personas y el medio ambiente³⁰.

Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático–IPCC

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) es el principal órgano internacional encargado de evaluar el cambio climático. Se creó en 1988 a iniciativa del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM), para ofrecer al mundo una visión científica clara del estado actual de los conocimientos sobre el cambio climático y sus posibles repercusiones medioambientales y socioeconómicas. En el mismo año, la Asamblea General de las Naciones Unidas hizo suya la decisión de la OMM y del PNUMA de crear conjuntamente el IPCC.

El IPCC es un órgano científico. Examina y evalúa la más reciente bibliografía científica, técnica y socioeconómica que se produce en el mundo, pertinente para la

²⁸ Sistemas de Información Geográfica y Teledetección. [en línea] [consultado en 2/03/2016] Disponible en <http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material121/unidad2/td_sig.htm>.

²⁹ Geocyl. Teledetección. Imágenes de satélite al servicio de la planificación y gestión. [en línea] [consultado en 2/03/2016]. Disponible en <<http://www.geocyl.com/teledeteccion.html>>.

³⁰ MULLIGAN. Mark y BURKE. CompAndes. [en línea] [consultado 25/02/2016] Disponible en: <<http://www.policysupport.org/compandes>>.

comprensión del cambio climático. No lleva a cabo investigaciones ni supervisa los datos o parámetros relativos al clima.

El IPCC es un órgano intergubernamental. Pueden formar parte de él todos los países miembros de las Naciones Unidas y de la OMM. Actualmente, el IPCC está compuesto por 195 países. El Grupo de Expertos se reúne por lo menos una vez al año en sesión plenaria a nivel de representantes de los gobiernos para adoptar las principales decisiones sobre el programa de trabajo del IPCC y para elegir a los miembros de la Mesa, entre ellos, el Presidente. Los gobiernos participan también en la exploración del alcance de los informes, la designación de los autores, el proceso de revisión, y aceptan, adoptan y aprueban los informes en las sesiones plenarias.

Por su carácter científico e intergubernamental, el IPCC ofrece una oportunidad excepcional para proporcionar información científica rigurosa y equilibrada a las instancias decisorias. Al hacer suyos los informes del IPCC, los gobiernos reconocen la autoridad de su contenido científico. Así, pues, la labor de la organización es pertinente para la adopción de políticas y, sin embargo, neutral, nunca preceptiva³¹.

AR4

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) se creó en 1988 con la finalidad de proporcionar evaluaciones integrales del estado de los conocimientos científicos, técnicos y socioeconómicos sobre el cambio climático, sus causas, posibles repercusiones y estrategias de respuesta. Desde el inicio de su labor en 1988, el IPCC ha preparado cinco informes de evaluación en varios volúmenes³².

Ar4 es el cuarto informe del IPPC publicado en el 2007. Desde su establecimiento, el IPCC ha producido una serie de informes de evaluación (1990, 1995, 2001, y el presente Informe, en 2007), Informes Especiales, Documentos Técnicos y Guías Metodológicas que son ya obras de referencia de uso común, ampliamente utilizadas por responsables de políticas, científicos, y otros expertos y estudiosos. Entre los más recientes cabe señalar dos Informes Especiales (“La captación y el almacenamiento de dióxido de carbono”, “La protección de la capa de ozono y el sistema climático mundial”) publicados en 2005, así como las Directrices sobre inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (“IPCC Guidelines for

³¹Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático. Sobre nosotros. [en línea] [citado el 5/05/2016] disponible en <http://www.ipcc.ch/home_languages_main_spanish.shtml>.

³²Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático. Actividades. [en línea] [citado el 5/05/2016] disponible en <http://www.ipcc.ch/home_languages_main_spanish.shtml>.

National Greenhouse Gas Inventories”), reeditado en 2006. Está en preparación un Documento Técnico sobre “El cambio climático y el agua”³³.

CMIP5

En 2014, el IPCC finalizó el Quinto Informe de Evaluación, preparado por los tres Grupos de trabajo, que comprende tres contribuciones, a saber, bases físicas; impactos, adaptación y vulnerabilidad, y mitigación del cambio climático, además de un Informe de síntesis. La contribución del Grupo de trabajo I se aceptó y aprobó en septiembre de 2013. Las contribuciones de los Grupos de trabajo II y III se aceptaron y aprobaron en marzo y abril de 2014, respectivamente, y el Informe de síntesis se aprobó y adoptó en noviembre de 2014. En comparación con los informes anteriores, en el Quinto Informe de Evaluación se hace más hincapié en la evaluación de los aspectos socioeconómicos del cambio climático y sus consecuencias para el desarrollo sostenible, los aspectos regionales, la gestión de riesgos y la elaboración de una respuesta mediante la adaptación y la mitigación³⁴.

³³IPCC, 2007: *Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 104 págs.

³⁴Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático. Actividades. [en línea] [citado el 5/05/2016] disponible en <http://www.ipcc.ch/home_languages_main_spanish.shtml>.

MARCO LEGAL

- Decreto ley 2811 de 1974: Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y de protección del medio ambiente que busca incorporar el concepto de desarrollo sostenible y regula el manejo de los recursos naturales renovables, que en el literal d) del artículo 83 establece una franja de protección de mínimo 30 m³⁵.
- Decreto 1541 de 1978: por el cual se reglamenta la Parte III del Libro II del Decreto-Ley 2811 de 1974: "De las aguas no marítimas" y parcialmente la Ley 23 de 1973. Que en su artículo 14 permite delimitar las franjas o zonas ribereñas³⁶.
- Ley 99 del 1993: Establece que las CARs. Deben otorgar permisos, autorizaciones y concesiones para aprovechamientos forestales, salvoconductos, control y vigilancia de los recursos naturales. Así mismo, ejercer las funciones de evaluación, control y seguimiento a los mismos³⁷.
- Ley 165 de 1994: Política Nacional para la Biodiversidad (Ley 165 de 1994, por medio de la cual se aprueba el "Convenio sobre la Diversidad Biológica" tiene por objeto la conservación de la diversidad biológica, la utilización sostenible de sus componentes, lo que redundará por consiguiente en la protección de los suelos)³⁸.
- Ley 388 de 1997: Da a los Municipios los mecanismos para promover el ordenamiento territorial, el uso del suelo, la preservación y defensa de su patrimonio ecológico y cultural localizado en su ámbito territorial, así como armonizar y actualizar las disposiciones contenidas en la Ley 9 de 1989, con las nuevas normas establecidas en la constitución política, la ley orgánica del plan de desarrollo, la Ley orgánica de áreas metropolitanas y la ley por la que se crea el SINA³⁹.
- Decreto 1640 de 2012: Por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos, y se dictan otras disposiciones⁴⁰.

³⁵ COLOMBIA. MINISTERIO DE AGRICULTURA. DECRETO LEY 2811 (18, diciembre, 1974). Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. Diario Oficial. Bogotá, D.C., N°34243. 32 p.

³⁶ COLOMBIA. MINISTERIO DE AGRICULTURA. DECRETO 1541 (26, julio, 1978). Por el cual se reglamenta la Parte III del Libro II del Decreto - Ley 2811 de 1974: "De las aguas no marítimas" y parcialmente la Ley 23 de 1973. Diario Oficial. Bogotá D.C., (21, agosto, 1978). N° 35078. 65 p.

³⁷ COLOMBIA. MINISTERIO DE AGRICULTURA. LEY 99 (22, diciembre, 1993). Por la cual se crea el ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial. Bogotá D.C., N° 41146. 1993. 44 p.

³⁸ COLOMBIA. MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. LEY 165 (9, noviembre, 1994). Por medio de la cual se aprueba el "Convenio sobre la Diversidad Biológica", hecho en Río de Janeiro el 5 de junio de 1992. Diario Oficial. Bogotá, D.C., N° 41.589. 1994. 23 p.

³⁹ COLOMBIA. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO, HACIENDA Y MEDIO AMBIENTE. LEY 388 (18, julio, 1997). Por la cual se modifica la Ley 9 de 1989, y la Ley 2 de 1991 y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial. Bogotá D.C., N°43091. 1997. 64 p.

⁴⁰ ALCALDÍA DE BOGOTÁ. Decreto 1640 de 2012. [en línea] [citado en 24/05/2016]. Disponible en: <<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=49987>>

MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 MATERIALES Y HERRAMIENTAS

- Oficina asistente de medioambiente.
- Computador.
- Conexión a internet.
- Predios colindantes con la quebrada Agua Sucia.
- Cámara fotográfica
- Herramienta Agua Andes Y Forest Watch.

5.2 METODOLOGÍA

Paso 1: Tasa de deforestación de la microcuenca.

- Determinar el área de análisis con uso de las herramientas Forest Watch.
- Se selecciona área riparia y la herramienta proporciona datos de área de la cuenca, y tasas de deforestación desde 2000 a 2014.
- Determinar dinámica de deforestación para el periodo 2000 a 2014.

Paso 2: Escenario de cambio climático con Agua Andes:

- Selección del sitio de trabajo a través de la interface de Agua Andes, se ubica la microcuenca a través de google earth.
- Determinar el área de análisis a 1 ha con el uso de la herramienta AguaAndes.
- Cargar datos de 500 bases de información del mundo al área de trabajo.
- Iniciar módulo de simulación y obtención de información de variables hidrológicas para área de estudio.
- Desarrollo de análisis en cambio climático, bajo reporte ar4 y escenario A2 a 2041.
- Revisión de mapas y estadísticas de resultados (temperaturas, balances de agua, huella hídrica e interceptación de niebla) de salida en cambio climática.
- Revisión de la narrativa de resultados para cambio climático.
- Ubicar con google earth la cuenca y establecer datos de variables a resolución de 1 ha.

Paso 3: Impactos en la huella hídrica por medidas de política en sistemas de cultivos sostenible.

- Seleccionar medidas de política para la cuenca.
- Priorizar la conversión de sistemas convencionales a cultivos sostenibles.
- Se inicia simulación.

- Revisión de mapas y estadísticas sobre los resultados espaciales y numéricos de variables de interés como balances de agua, huella hídrica.

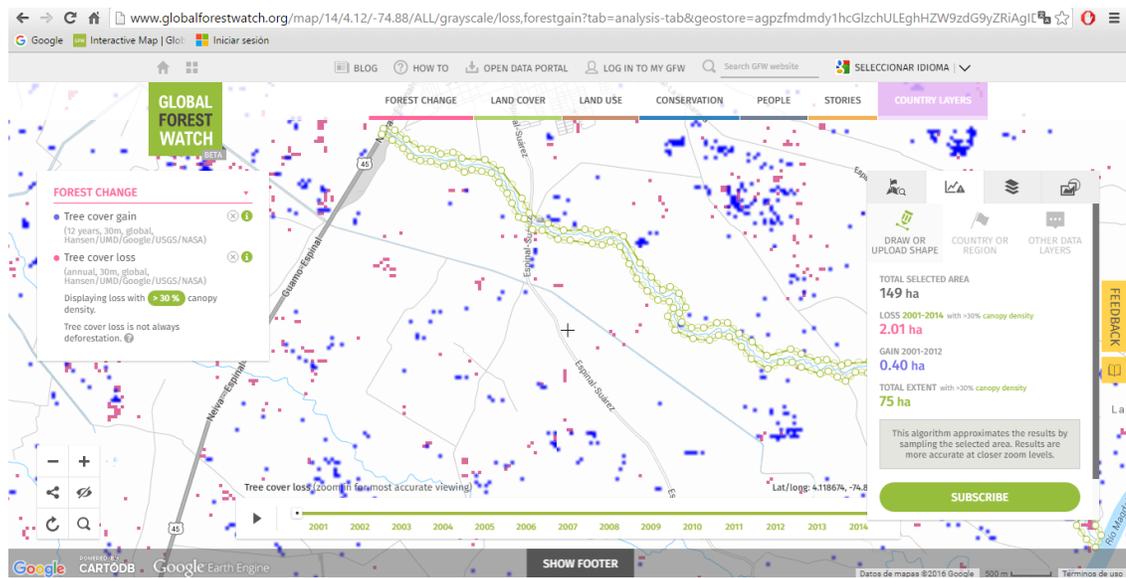
Paso 4: Sistematización de resultados en cambio climáticos y medidos de política local.

- Se crea una tabla de datos generales compilando la información de la línea base y de las proyecciones para las variables de interés analizadas (temperatura).
- Se integran graficas de resultados de datos espaciales sobre la microcuenca, lo que facilita la comprensión de los resultados.
- Análisis de resultados sobre impactos en los servicios ambientales (balances de agua y huella hídrica), en escenarios de cambio climático y medidas de política.

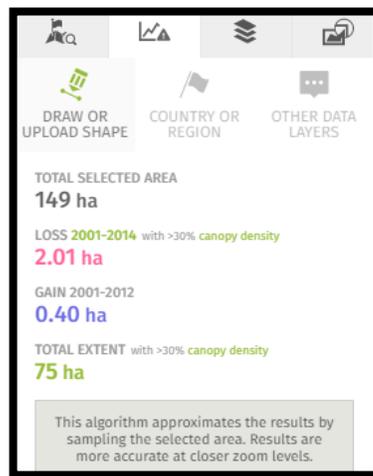
DESARROLLO DEL PROYECTO

1. Estimación de tasas de deforestación y área de la microcuenca.

Se procedió a emplear la herramienta On Line Forest Watch, la cual integra más de 500.000 imágenes de satélite en distintos periodos de tiempo y que permitió realizar en primer lugar delimitar la cuenca y posteriormente desarrollar un análisis de deforestación entre los años 2000 hasta el 2014. (Mapa 1 e Imagen 2).



Mapa 1. Zonificación del área en la herramienta global forest. Fuente: Global Forest⁴¹.



⁴¹ Global Forest. Watch. [en línea] [citado en 5/05/2016]. Disponible en: <<http://www.globalforestwatch.org/map/14/4.12/-74.87/ALL/grayscale/loss,forestgain?tab=countries-tab&begin=2001-01-01&end=2015-01-01&threshold=30>>

Imagen 2. Datos arrojados por la herramienta global forest. Fuente: Global forest⁴².

Análisis de resultados de deforestación:

Según la herramienta Global Forest la cuenca cuenta con un área de protección de 149 has, área en la cual de 2000 a 2014 ha habido una tasa de deforestación de 2.01 has/año (color fucsia) y una ganancia en bosque de 0.40 has/año. (color azul).

Modelación hidrológica en sistema Agua Andes.

Seguidamente se procedió a la herramienta Agua Andes y se ubicó el área a trabajar, Quebrada Agua Sucia señalada por el icono []

Mapa 2. Mapa área a trabajar señalando la quebrada Agua Sucia. Fuente: Agua Andes.

Se observa la quebrada Agua Sucia la cual nace cerca a la vía Espinal-Guamo y desemboca en el rio Magdalena.

La Herramienta Agua Andes también permite la visualización de la quebrada en mapa satelital (Imagen 5) en el que se logra observar la quebrada por la vegetación que marca la continuidad de la microcuenca.

⁴²Ibid.

Se sigue con los otros procedimientos necesarios para desarrollar los análisis y se obtienen las diferentes imágenes de teledetección del área. Se obtienen los siguientes resultados:

6.1 ESTIMACIÓN DE LOS IMPACTOS EN EL CLIMA Y LA HIDROLOGÍA DE LA MICROCUENCA AGUA SUCIA CON RESPECTO AL CAMBIO CLIMÁTICO

En esta primera parte del trabajo, se presentan los resultados a partir de los reportes Ar4 y cmip5 bajo escenarios pesimistas (A2 y rcp85), sobre la variable temperatura para la microcuenca.

El cual se entiende que las políticas y manejo del área seguirá sin ninguna intervención que favorezca la preservación del medio, los resultados se muestran a un mediano plazo (2041).

Con la información analizada se puede evidenciar el deterioro que se tendrá en las franjas riparias si no se toma importancia de la preservación de éstas, y a la vez la pérdida de la franja con todos los servicios ambientales que ofrece. En este trabajo se analizará especialmente el servicio ambiental de aprovisionamiento del recurso agua.

En la tabla 1, se puede evidenciar a partir de los reportes ar4 y cmip5 los impactos en la variable Temperatura para la cuenca debido a la comparación de estos reportes con los datos históricos.

Tabla1: Comparación en *temperatura*: histórico – reporte ar4 (A2) y reporte cmip5 (rcp85).

Temperatura (°C)										
Mes	Histórico 1950-2000			Futuro Ar4 A2 2041			Futuro Cmp5 rcp85 2041			Diferencia promedios ar4 cmip5
	Min	Max	Promedio	Min	Max	Promedio	Min	Max	Promedio	
Enero	7	28	19	7	30	21	6,7	31	22	1
Febrero	7	28	19	7	30	22	6,7	31	22	0
Marzo	7	28	19	7	30	22	7	30	22	0
Abril	7	27	19	7	29	21	6,7	30	22	1
Mayo	7	27	19	7	29	21	6,6	30	22	1
Junio	7	27	19	6	29	21	6,2	30	21	0
Julio	6	28	19	6	30	21	6	31	22	1
Agosto	7	28	19	6	30	21	6	31	22	1
Septiembre	6	28	19	6	30	21	6,2	31	22	1
Octubre	7	27	19	7	29	21	6,4	30	21	0
Noviembre	7	27	19	7	29	21	6,8	30	21	0
Diciembre	7	27	19	7	29	21	6,7	30	21	0

Fuente: Agua Andes mayo2016

Análisis de resultados:

Al tomar los dos escenarios Ar4 y Cmp5 se evidencia que éstos en comparación con el histórico tienen un aumento en la temperatura entre 2 y 3°C con respecto al promedio de temperatura. Entre los reportes Ar4 y Cmp5 existe una variación en la predicción de la temperatura histórica, pues en los meses de Enero, Abril, Mayo, Julio, Agosto y Septiembre aumenta 1°C la predicción de la temperatura en el reporte Cmp5 a la predicción del reporte Ar4.

Sin embargo, en las dos predicciones existe un aumento en la temperatura, lo cual indica que la temperatura efectivamente aumentara de 2 a 3 °C a un mediano plazo (año 2041), otra evidencia según el reporte Cmp5 (que es el más actual) es que el aumento de temperatura promedio más alta (22°C) se tendrá con mayor frecuencia mes a mes que el reporte Ar4, en el que la mayoría de los meses presentan el aumento más bajo (21°C).

El aumento de temperatura trae cambios en los ecosistemas teniendo impactos en la fauna y flora, así como en el aprovisionamiento de agua, pues a mayor temperatura mayor pérdida por evaporación.

6.1.1 Impactos en balance y huella hídrica local en la microcuenca Agua Sucia por cambio climático.

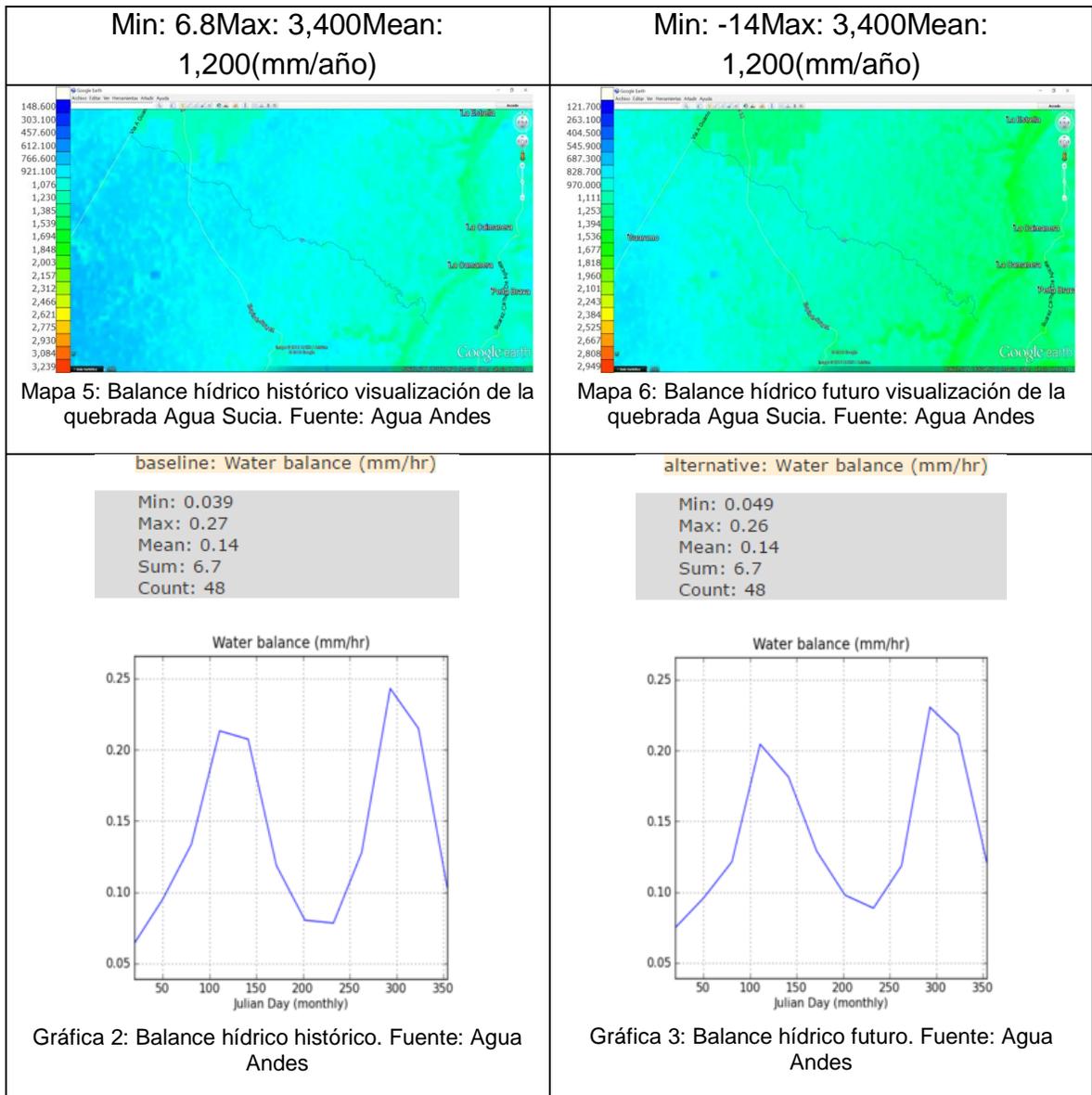
A continuación, se realizan los análisis de impactos en la hidrología con respecto al reporte ar4 y escenario A2.

Los mapas obtenidos del área de la quebrada Agua Sucia se distribuyen en escala de colores.

Las gráficas son generadas a partir de la información del área general analizada por la herramienta Agua Andes (Mapa 4)

Los análisis se efectúan en balance hídrico (tabla 2), huella hídrica (tabla 3), interceptación de niebla (tabla 4) y evapotranspiración (tabla 5).

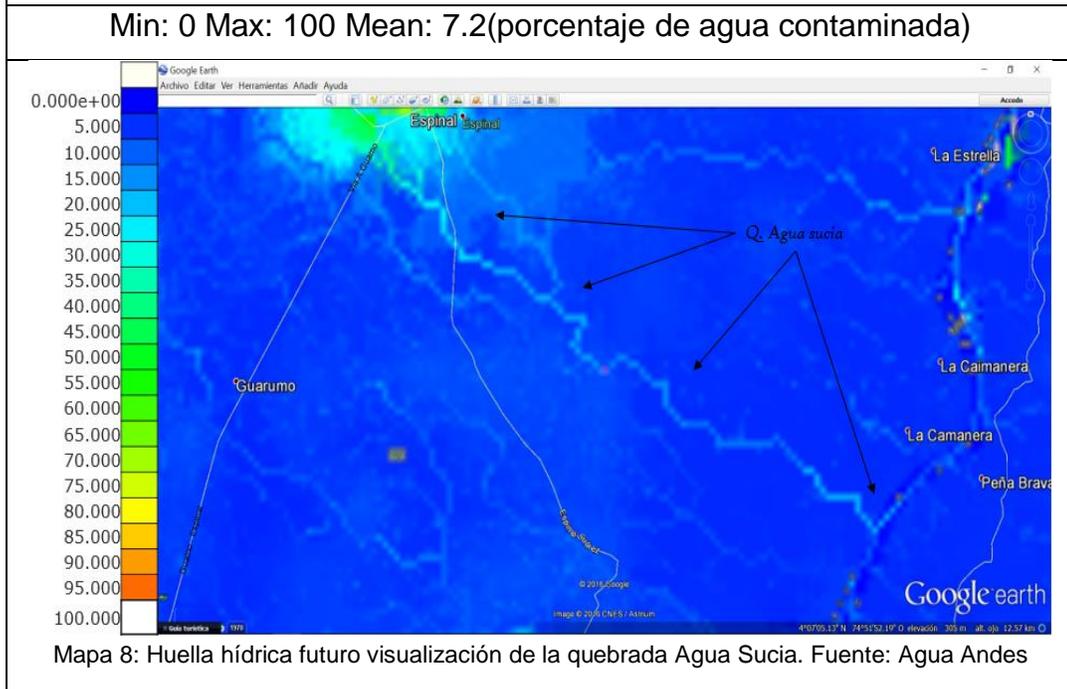
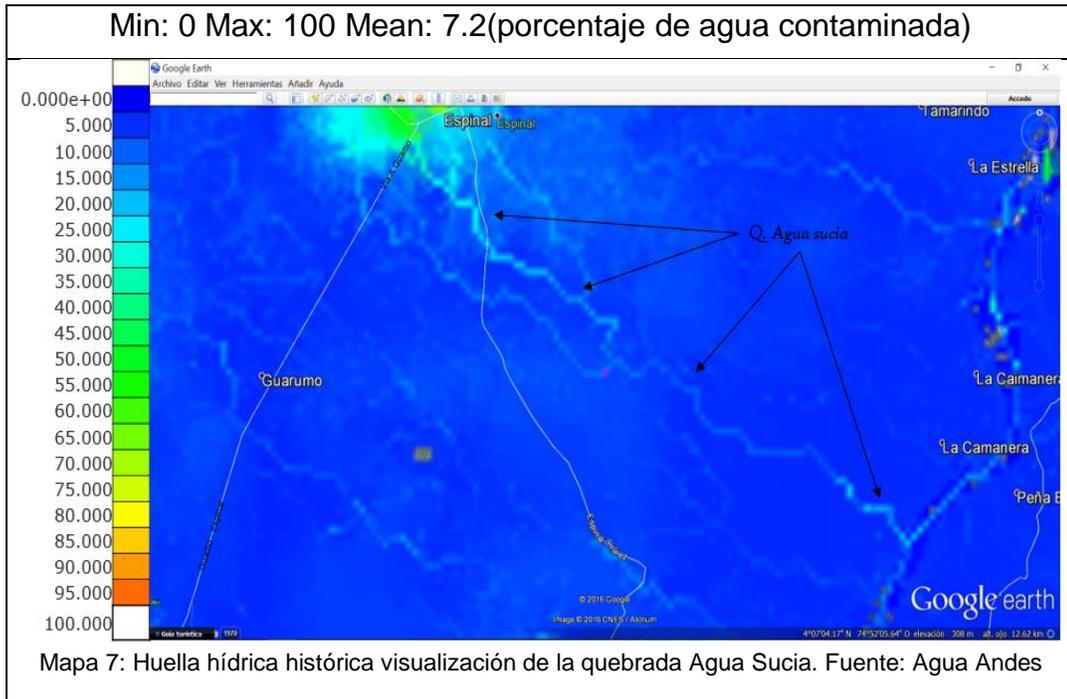
Tabla 2: Proporción de cambio en el *balance hídrico* en relación al periodo histórico y escenario futuro a 2041.



Análisis de resultados:

En el área de la quebrada Agua Sucia (mapa 5 y 6) se observa que en el histórico hay un balance de agua en algunas zonas de 766.6 mm/año, en otras un balance de 921.1 y en la parte baja de la quebrada, llegando a la desembocadura un balance de alrededor de 1076 mm/año y 1385 mm/año, en el mapa del reporte (mapa 6) se evidencia un aumento en el balance de agua de 970 a 1394 mm/año. Las gráficas de toda el área analizada muestran que habrá una disminución en el balance hídrico.

Tabla 3: Proporción de cambio en la *huella hídrica* en relación al periodo histórico y escenario futuro a 2041.

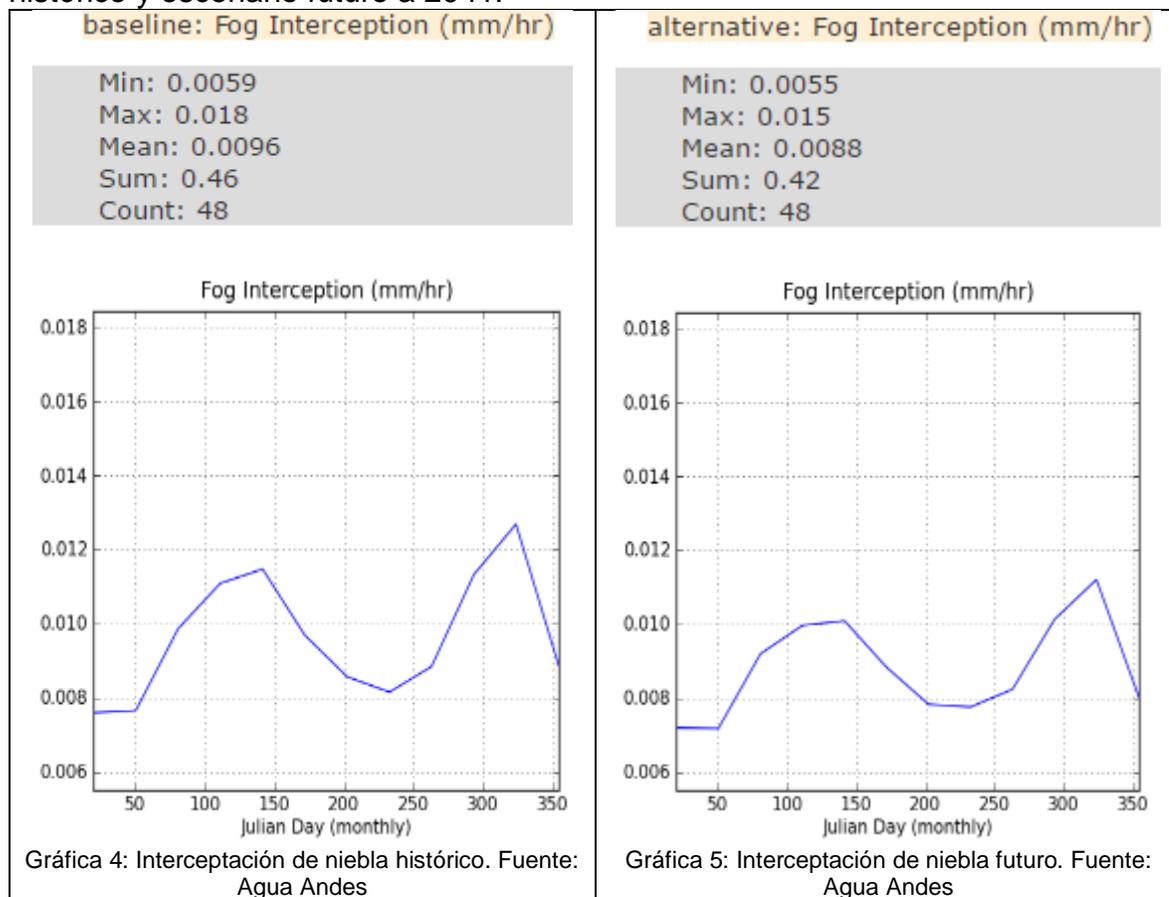


Análisis de resultados:

En el mapa 7 se evidencia que en el dato histórico hay un 25% de contaminación en la quebrada Agua Sucia en áreas delgadas dentro de la quebrada, este

porcentaje en el reporte futuro se mantiene en 25% pero el área se acentúa volviéndose mayor la contaminación del agua dentro de la quebrada. Esto indica un deterioro en el recurso hídrico y se debe a los vertimientos que la quebrada recibe tanto de la cabecera municipal como a la vez los sobrantes de las aguas de riego de los predios del distrito, las cuales vierten a la quebrada llevando residuos de agroquímicos sin ningún proceso de tratamiento.

Tabla 4: Proporción de cambio en la *interceptación de niebla* en relación al periodo histórico y escenario futuro a 2041.

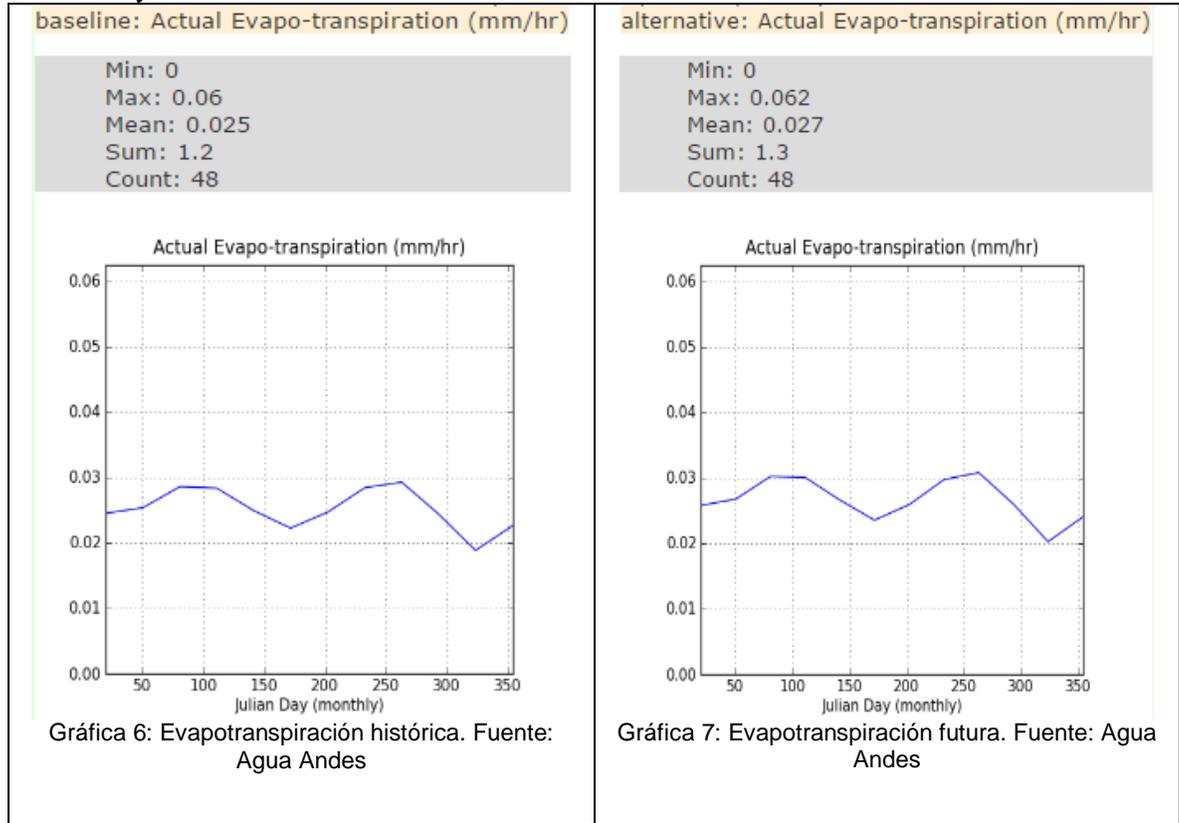


Análisis de resultados:

En la presente tabla no se obtienen los mapas del área debido a que la herramienta no arroja mapas de estos datos. Se observa que la interceptación de niebla baja considerablemente en el reporte futuro (grafica 5), el máximo en el dato histórica (gráfica 4) es de 0.013 mm/hr y el reporte futuro en la gráfica 5 la máxima interceptación que se da es de 0.011 mm/hr. Esto debido a que en el presente escenario pesimista se estima tener pérdida de vegetación y al disminuir la vegetación es menor la captación de niebla que se da. Esto a la vez está relacionado con la disminución del balance hídrico (graficas 2 y 3), pues es menor el agua captada en forma de vapor (niebla) y por cuestiones de viento esta niebla puede

desplazarse hacia otros lugares haciendo que en el área haya menos entradas de agua y por tanto una reducción en el balance hídrico.

Tabla 5: Proporción de cambio en la *evapotranspiración* en relación al periodo histórico y escenario futuro a 2041.



Análisis de resultados:

En la presente tabla no se obtienen los mapas del área debido a que la herramienta no arroja mapas de estos datos. Se observa que la evapotranspiración en el futuro tiende a aumentar. En el presente escenario este aumento en la evapotranspiración de las plantas está relacionado con el aumento de la temperatura, y al no haber aumento en la vegetación se estima que la vegetación existente está teniendo mayor evapotranspiración, por tanto, las plantas necesitarán más agua para mantenerse y si no existe la suficiente agua disponible como ejemplo la disminución en el balance hídrico se podrán tener pérdidas de vegetación, lo cual acarrea deterioro en los ecosistemas del área analizada, incluyendo la franja riparia de la quebrada Agua Sucia.

CONCLUSIÓN:

La alternativa (ejercicio realizado con reporte Ar4 A2) condujo a un aumento de la evapotranspiración de la zona de 13 mm/año (5,8 %) y una disminución de la

interceptación de la niebla -7.3 mm/año (-8,7 %), lo que lleva a una disminución global en el balance hídrico de -3.4 mm/año (-0,28 %)⁴³.

6.2 ESTIMACIÓN DE LOS IMPACTOS EN LA HIDROLOGÍA DE LA MICROCUENCA AGUA SUCIA CON RESPECTO A MEDIDAS DE POLÍTICA LOCAL EN CONSERVACION

En esta segunda parte del trabajo se integran los resultados, se evidencian los impactos en la hidrología local (balances de agua y huella hídrica), si Usocoello tomara la decisión de implementar una “la agricultura de conservación” (llamada de esta manera por la herramienta), esto debido a que la zona es agrícola y la agricultura actual es altamente dependiente de agua y agroquímicos.

El estudio se ha concentrado tomando una regla de 30% en áreas cerca de ríos debido a que no se puede cultivar en la franja riparia, por tanto, el cambio a la agricultura de conservación tendría influencia en la franja más no actuaría el cambio dentro de la franja y un 70% en áreas de tierras bajas, porque el municipio del Espinal y los cultivos cerca a la quebrada son áreas de tierras bajas.

Se entiende que las políticas y manejo del área tendrá una intervención favorable al cambiar la agricultura de la zona, de una agricultura convencional a la agricultura de conservación.

Los resultados muestran los impactos en la hidrología si se obtiene el cambio de agricultura a la de conservación al año 2041.

Con la información analizada se puede evidenciar la conservación o mejora que se tendrá en las franjas riparias si se toma importancia de la preservación de éstas.

En este trabajo se analiza especialmente el servicio ambiental de aprovisionamiento del recurso agua.

6.2.1 Impactos en balance y huella hídrica en la microcuenca Agua Sucia con respecto a medidas de política local en conservación.

De este punto en adelante se realizan los análisis de impactos en la hidrología con respecto al reporte de cambio de uso del suelo a la agricultura de conservación.

A continuación, se presenta la comparación entre el dato histórico y el dato futuro 2 (se le ha puesto el nombre de futuro 2 para diferenciar del reporte futuro Ar4 A2).

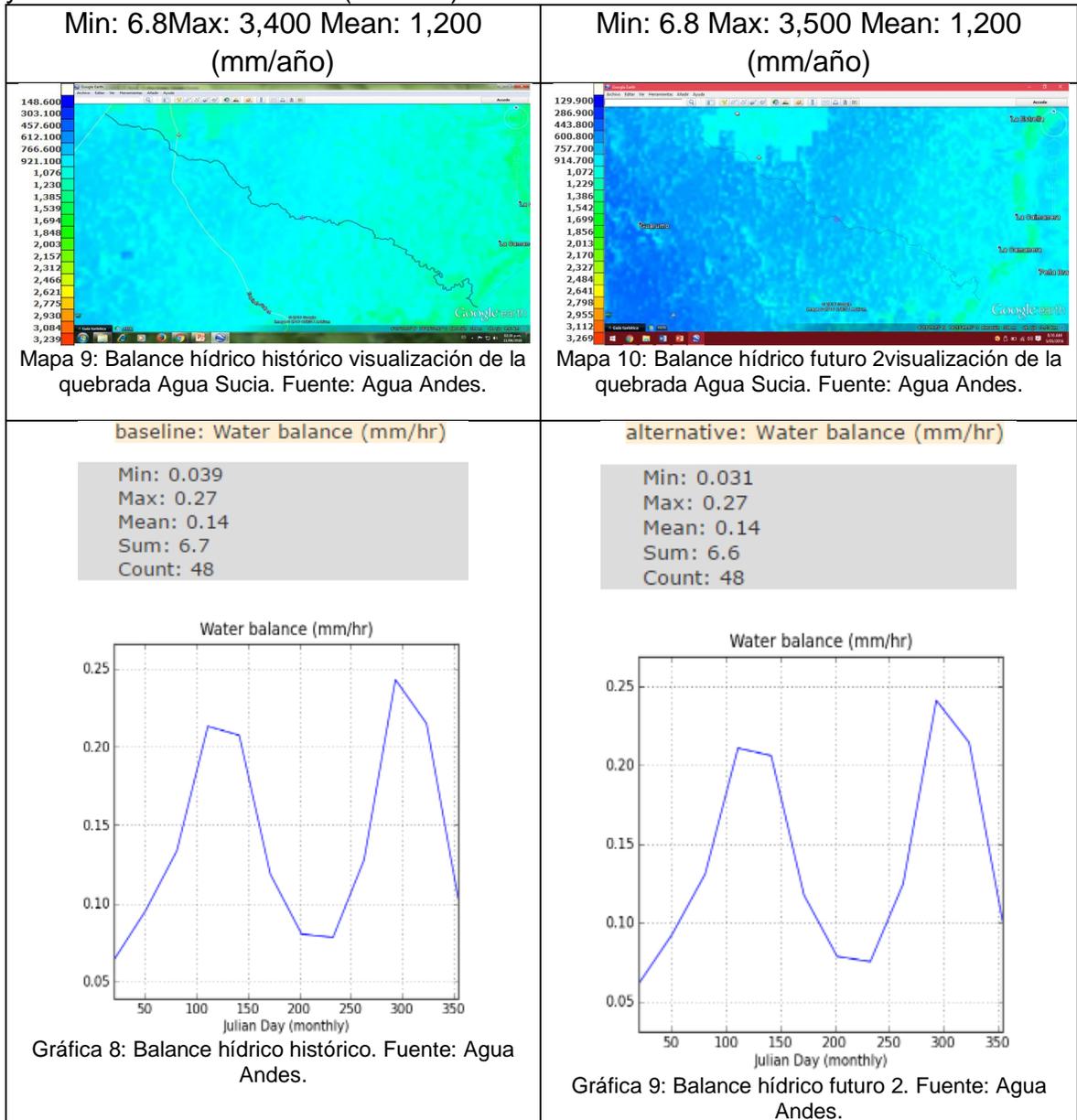
⁴³ Agua Andes. Narrative. [en línea] [citado en 5/05/2016]. Disponible en: <<http://www1.policysupport.org/cgi-bin/simterra/v1/simterra/pss/controls.cgi?model=ecoengine&username=xyzr175zn3e%5Ejap20z5%A3ua2&language=xyzxo%5E9m&usertype=xyznuzxopznp&whichform=xyz7xn15pn%5Eo0770pz6x&commercial=xyzA05nx&custom=xyzA05nx&project=xyz09100okxn&viewer=xyz9x&version=xyzq&tab=xyz7xn15pn%5Eo0770pz6x>>.

Los mapas obtenidos del área de la quebrada Agua Sucia se distribuyen en escala de colores.

Las gráficas son generadas a partir de la información del área general analizada por la herramienta Agua Andes (Mapa 4).

Los análisis se efectúan en balance hídrico (tabla 6), huella hídrica (tabla 7), evapotranspiración (tabla 8) e interceptación de niebla (tabla 9).

Tabla 6: Proporción de cambio en el *balance hídrico* en relación al periodo histórico y escenario futuro a 2041 (futuro 2).

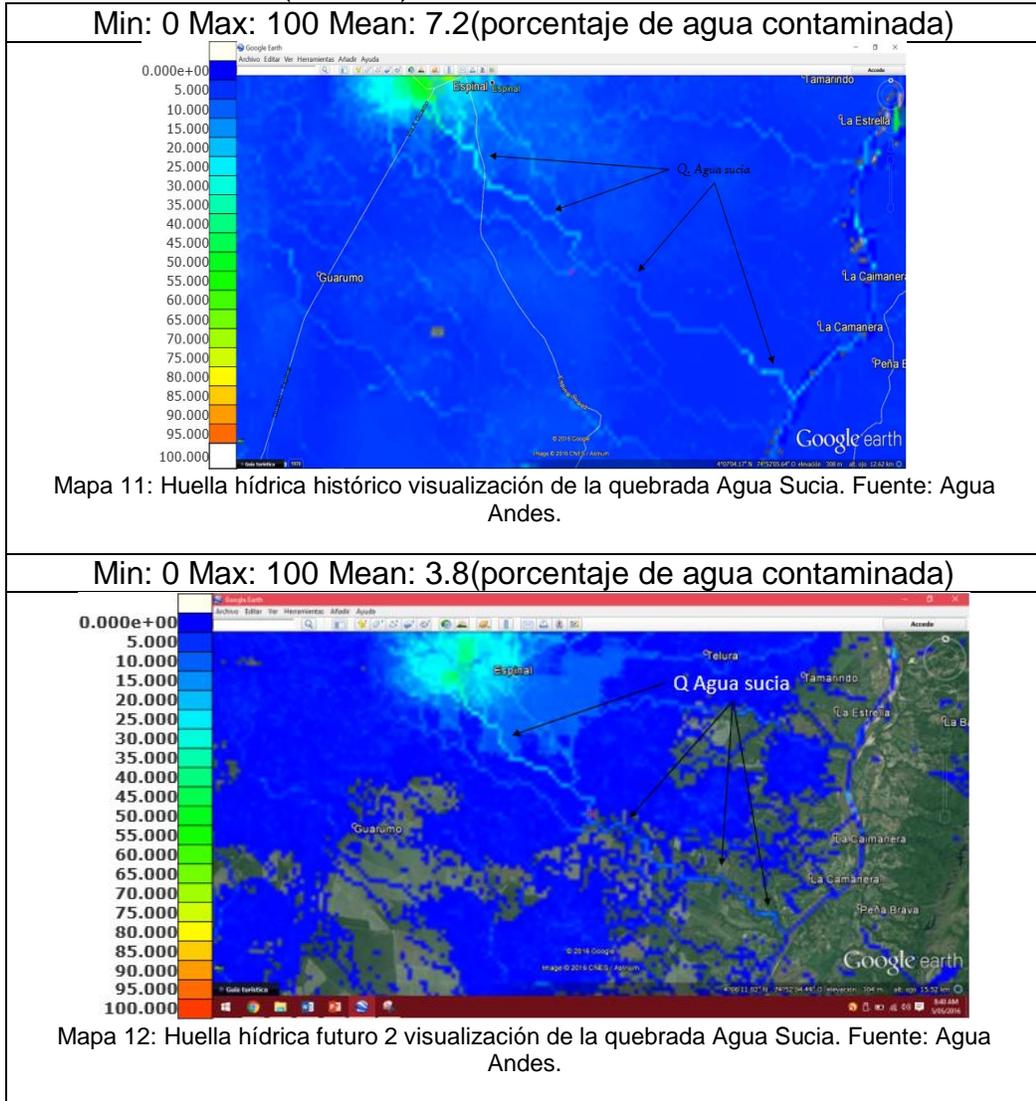


Análisis de resultados:

En el área de la quebrada Agua Sucia (mapas 9 y 10) se observa que en el mapa 10 (futuro 2) se evidencia una disminución en el balance de agua no muy significativa, pues en la zona alta de la cuenca hay un balance de 914.7 mm/año (que en el histórico era de 921.1 mm/año) en otras zonas de 757.7 mm/año (que en el histórico era de 766.6 mm/año) y en las zonas bajas un balance de 1072 a 1386 mm/año (que en el histórico era de 1076 a 1385 mm/año). En las gráficas de toda

el área analizada se muestra que habrá una pequeña disminución en el balance hídrico, pero en general se puede afirmar que el balance relativamente se mantiene. Esto evidencia que el uso de la agricultura de conservación favorece la preservación del medio.

Tabla 7: Proporción de cambio en la *huella hídrica* en relación al periodo histórico y escenario futuro a 2041 (futuro 2).

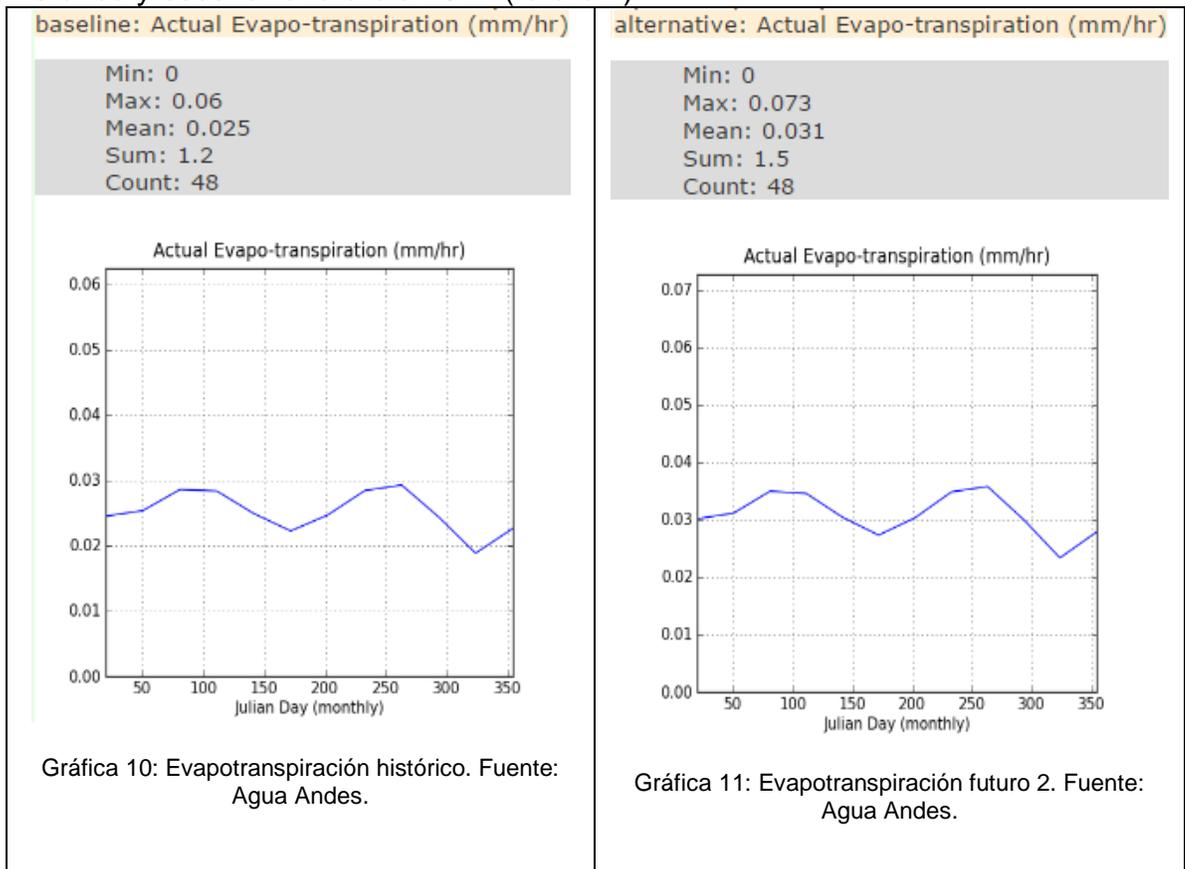


Análisis de resultados:

En el mapa 11 se evidencia que en el dato histórico hay un 25% de contaminación en la quebrada Agua Sucia en áreas delgadas dentro de la quebrada y alrededor de la cuenca según la escala de colores hay un 10% y un 15% en las zonas que serían las zonas de cultivo. En el mapa 12 se ve una mejora significativa en la calidad del

agua, en especial al final de la cuenca donde se evidencia un 15% de contaminación, es decir 10% menos que en el reporte histórico, las tierras de cultivo también mejoran la calidad del agua teniendo solo un 5% de contaminación. Es pertinente resaltar que el área de la quebrada cerca al casco urbano mantiene el porcentaje de contaminación, por ende, se entiende que la quebrada es afectada no sólo por las aguas vertidas de los cultivos sino también por algunos vertimientos del casco urbano. (se aclara que los fragmentos del mapa 12 que no tiene colores de escala es debido a que en esas zonas no existen datos para la presente simulación).

Tabla 8. Proporción de cambio en la *evapotranspiración* en relación al periodo histórico y escenario futuro a 2041 (futuro 2).

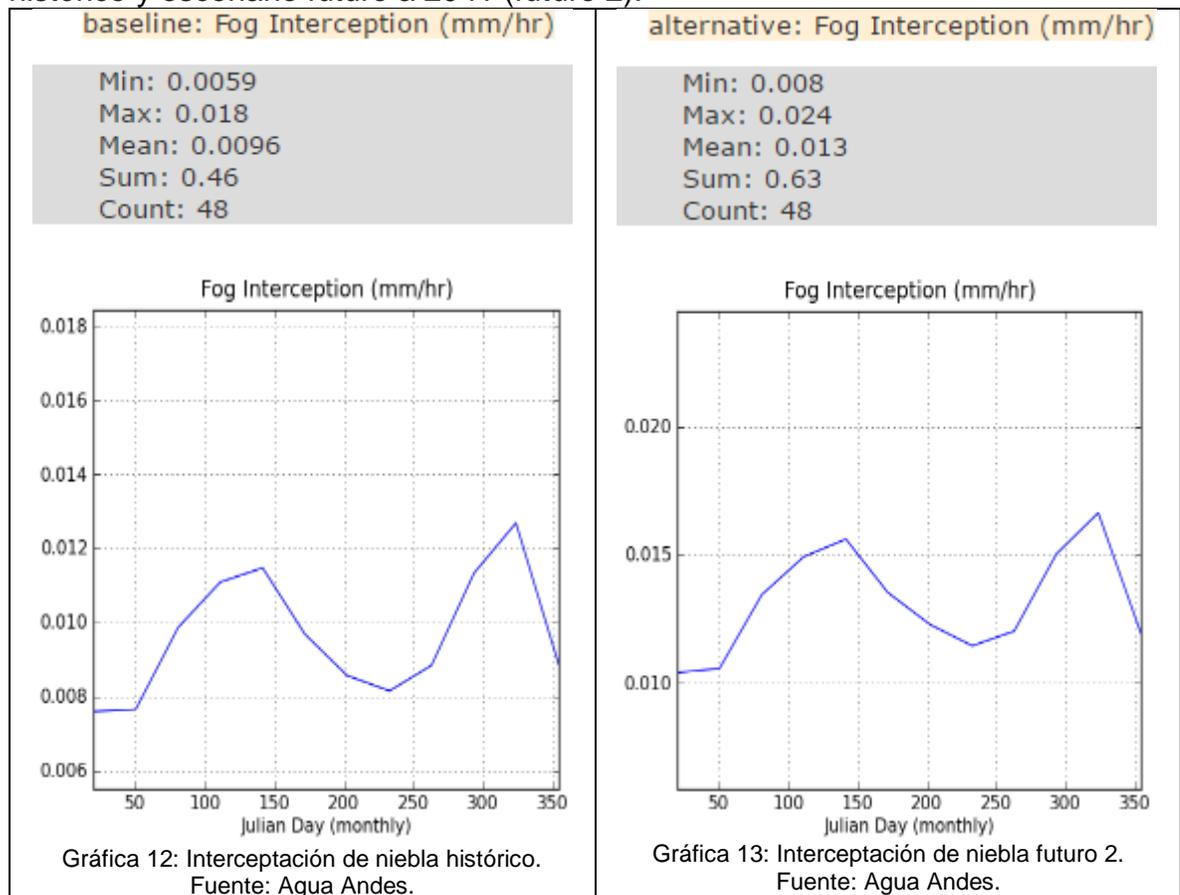


Análisis de resultados:

En la presente tabla no se obtienen los mapas del área debido a que la herramienta no arroja mapas de estos datos. Se observa que la evapotranspiración en el futuro 2 tiende a aumentar de 0.025 mm/hr a 0.03 mm/hr en el punto inicial y de 0.03 mm/hr a 0.036 mm/hr en la parte más alta. En el presente escenario este aumento en la evapotranspiración de las plantas está relacionado con el aumento de la vegetación,

pues se aplica una política de reforestación cerca de los ríos y al haber mayor vegetación aumenta la evapotranspiración, pues se suma a la evapotranspiración que ya había por la antigua vegetación la evapotranspiración de la nueva vegetación. A pesar que hay mayor evapotranspiración se evidencio en la tabla 6 que el balance hídrico relativamente se mantenía, esto se debe a que como se verá en la tabla 9 hay más capacidad de recoger el agua que está en forma de niebla en el aire sumando así las entradas de agua al balance hídrico.

Tabla 9. Proporción de cambio en la *Interceptación de niebla* en relación al periodo histórico y escenario futuro a 2041 (futuro 2).



Análisis de resultados:

En la presente tabla no se obtienen los mapas del área debido a que la herramienta no arroja mapas de estos datos. Se evidencia que la interceptación de niebla aumenta considerablemente en el reporte futuro 2, el máximo en la gráfica 12 del dato histórico es de 0.013 mm/hr y el reporte futuro 2 en la gráfica 13 la máxima interceptación que se da es de 0.017 mm/hr y el mínimo en el histórico es de 0.0078 mm/hr y el mínimo en el reporte futuro 2 es de 0.010 mm/hr. Esto debido a que en

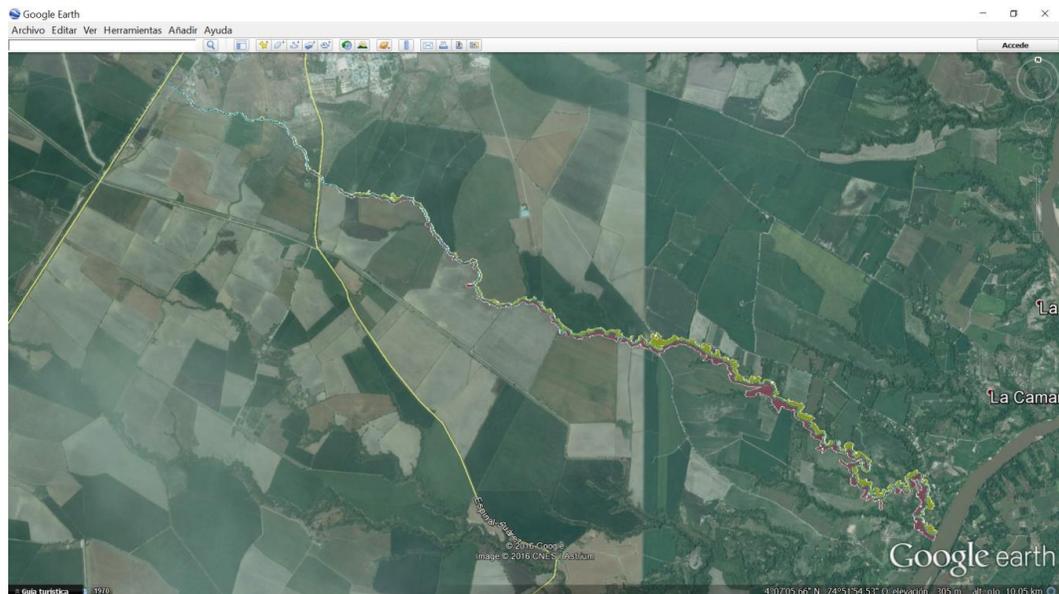
el presente escenario se estima tener aumento de vegetación y al aumentar la vegetación es mayor la captación de niebla que se da.

CONCLUSIÓN:

La alternativa de análisis (futuro 2) condujo a un incremento en la cubierta de árboles de 53% en promedio y una disminución de -49% de la cobertura herbácea. Éste % condujo a un incremento de la evapotranspiración de la zona de 49 mm/año (23%) Y un incremento en la intercepción de neblina de 30 mm/año (36%), Lo que lleva a un total de disminución en el balance hídrico de -19 mm/año (-1.5%)⁴⁴.

6.3 RECORRIDO QUEBRADA AGUA SUCIA

Se ejecutó un recorrido por 4 zonas de la quebrada Agua Sucia con el fin de observar la franja riparia en diferentes puntos de la cuenca y corroborar con las imágenes vistas en Google Earth sobre la anchura de la franja (Imagen 15).



Mapa 13: Visualización de la quebrada Agua Sucia y las franjas riparias. Fuente: Google Earth

Del mapa 13 se especifica que la quebrada Agua Sucia está señalada con la línea azul, y las franjas riparias: derecha (señalada con color amarillo) e izquierda (señalada con color rosa).

Las siguientes imágenes muestran el perfil de elevación de la quebrada y la longitud de la misma.

⁴⁴ Agua Andes. Narrative. [en línea] [citado en 5/05/2016]. Disponible en: <<http://www1.policysupport.org/cgi-bin/simterra/v1/simterra/pss/controls.cgi?model=ecoengine&username=xyzr175zn3e%5Ejap20z5%A3ua2&language=xyzxo%5E9m&usertype=xyznuzxopznp&whichform=xyz7xn15pn%5Eo0770pz6x&commercial=xyzA05nx&custom=xyzA05nx&project=xyz09100okxn&viewer=xyz9x&version=xyzq&tab=xyz7xn15pn%5Eo0770pz6x>>

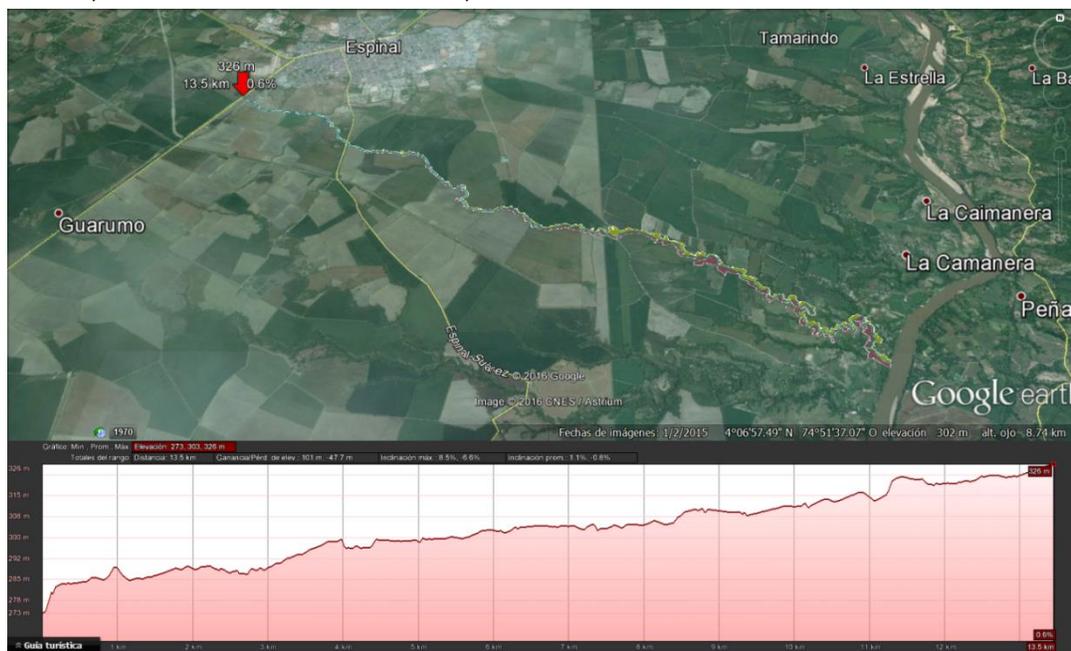
La longitud es tomada desde la desembocadura siendo el kilómetro 0 hasta el nacimiento siendo el kilómetro 13.5

Las visitas se realizaron en los siguientes puntos:

- Zona 1 nacimientos de la quebrada: lugar de nacimiento y primer recorrido de la quebrada Agua Sucia sobre la carretera vía Espinal – Guamo.
- Zona 2 visita de la quebrada: Lugar de intersección de la carretera vía Espinal – Suarez con la quebrada Agua Sucia.
- Zona 3 Visita de la quebrada: Lugar de intersección de carretera entre cabecera municipal y vereda Guadualejo, Coyarco y Caimanera.
- Zona 4 desembocadura de la quebrada: lugar de desembocadura y final del recorrido de la quebrada Agua Sucia.

6.3.1 Zona 1 nacimiento de la quebrada:

326msnm, % de inclinación de 0.6%, 13.5Km



Mapa 14: Zona 1 Perfil altimétrico longitudinal del nacimiento de la quebrada Agua Sucia. Fuente: Google Earth.

Tabla 10: Imágenes del nacimiento de la quebrada Agua Sucia.



Imagen 3: Nacimiento de la quebrada Agua Sucia.
Fuente: Autor



Imagen 4: Canal que aporta al caudal del nacimiento de la quebrada. Fuente: Autor



Imagen 5: Estructura que permite el paso del nacimiento por debajo de la carretera. Fuente: Autor

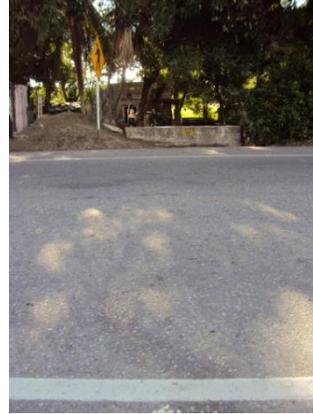


Imagen 6: Carretera vía guamo por donde pasa debajo la quebrada. Fuente: Autor



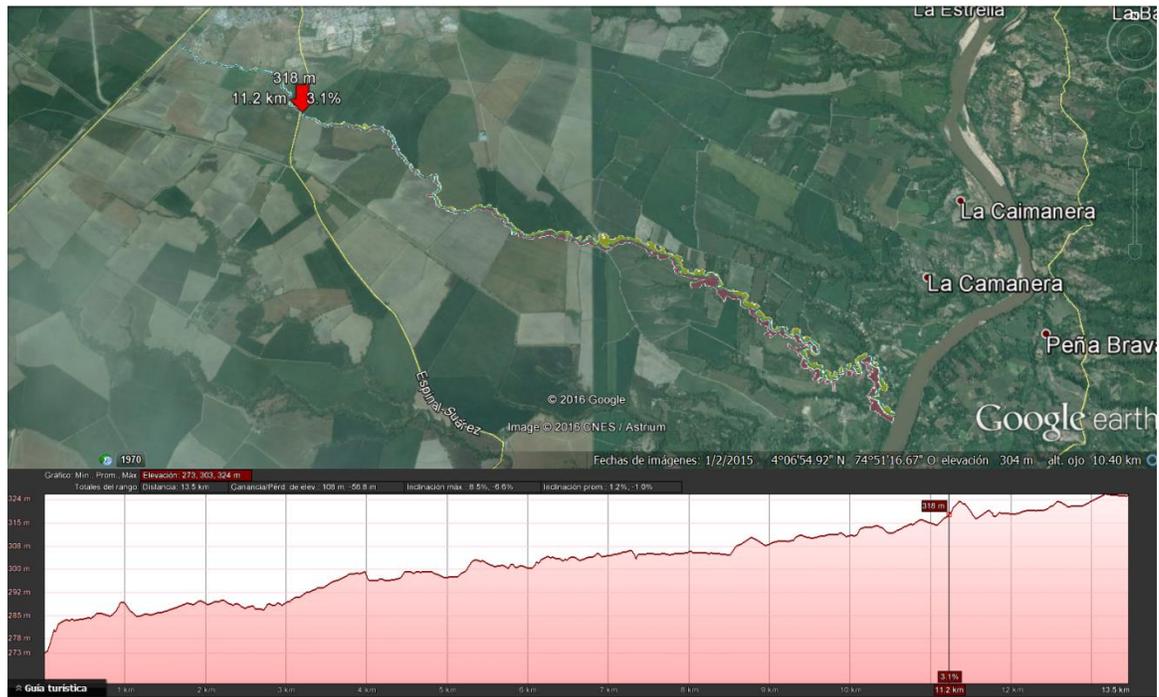
Imagen 7: Salida paso de la carretera. Fuente: Autor



Imagen 8: Franja riparia del nacimiento de la quebrada. Fuente: Autor.

6.3.2 Zona 2 visita de la quebrada:

318msnm, % de inclinación de 3.1%, 11.2km



Mapa 15: Zona 2 Perfil altimétrico longitudinal de punto visitado de la quebrada Agua Sucia. Fuente: Google Earth.

Tabla 11. Imágenes de la zona 2 visitada de la quebrada Agua Sucia.



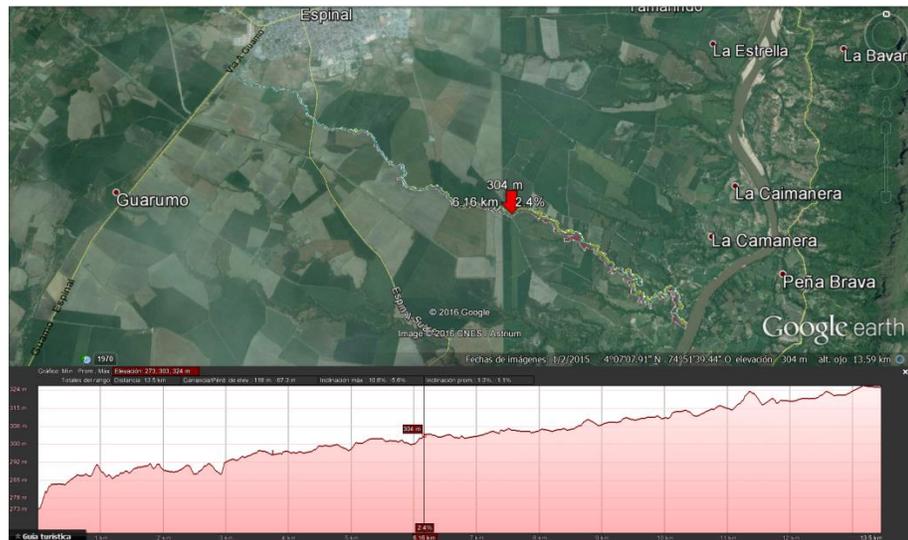
Imagen 9: Quebrada Agua Sucia y visualización de la franja dentro de la quebrada. Fuente: Autor



Imagen 10: Franja de la quebrada visualización desde fuera de la quebrada. Fuente: Autor

6.3.3 Zona 3 visita de la quebrada:

304msnm, % de inclinación 2.4%, 6.16km



Mapa 16: Zona 3 Perfil altimétrico longitudinal del punto visitado de la quebrada Agua Sucia. Fuente: Google Earth.

Tabla 12: Imágenes de la zona 3 visitada de la quebrada Agua Sucia.



Imagen 11: Franja riparia de la zona 3 con alta biodiversidad de vegetación en la quebrada Agua Sucia. Fuente: Autor



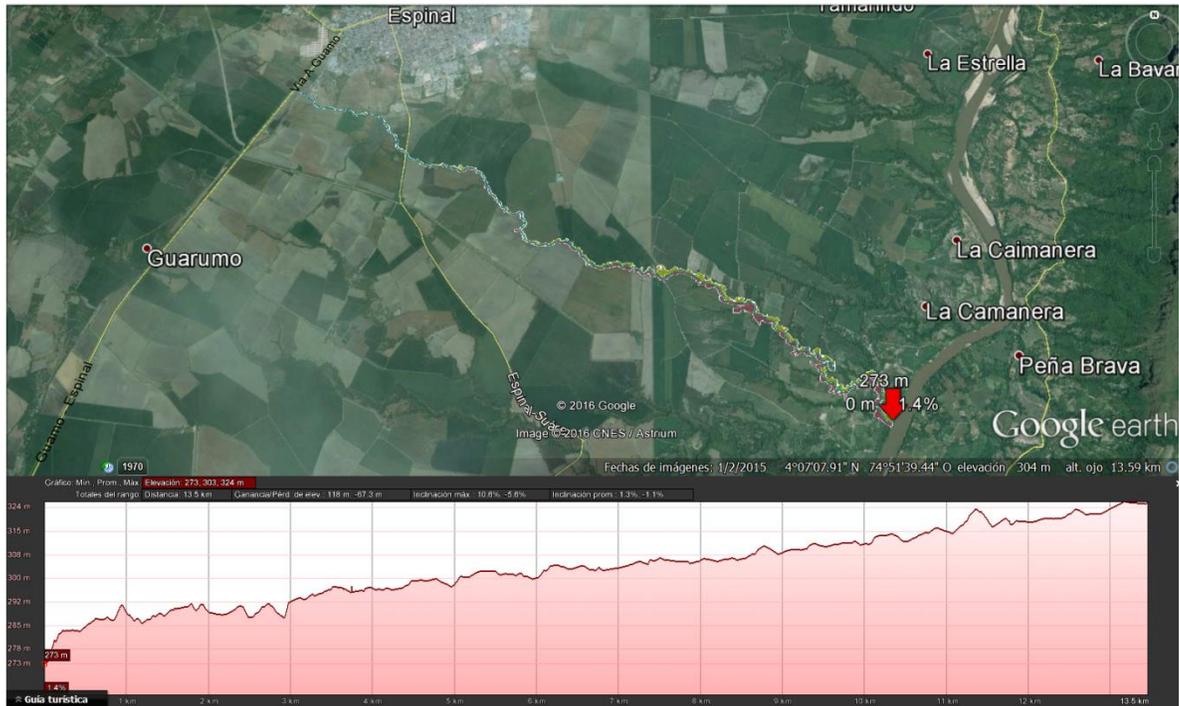
Imagen 12: Vertimientos de cultivos a la franja de la quebrada en la zona 3. Fuente: Autor



Imagen 13: Existencia de fauna y flora en la zona 3 de la franja riparia de la quebrada Agua Sucia. Fuente: Autor.

6.3.4 Zona 4 desembocadura de la quebrada:

273msnm, % de inclinación 1.4%, 0km



Mapa 17: Zona 4 Perfil altimétrico longitudinal de la desembocadura de la quebrada Agua Sucia. Fuente: Google Earth.

Tabla 13: Imágenes de la desembocadura de la quebrada Agua Sucia.



Imagen 14: Panorámica de la desembocadura, franja deforestada y problemas de erosión. Fuente: Autor.



Imagen 15: Panorámica de la desembocadura, contraste de franja riparia deforestada y reforestada. Fuente: Autor.

CRONOGRAMA

CRONOGRAMA									
Actividades	Mes								Actividades ejecutadas
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Determinar el área de análisis			X						x
Empezar la simulación en la herramienta			X						x
Análisis de resultados			X						x
Fecha de asesoramiento asesor externo			X						x
Reproducir la línea base			X						x
Realizar ejercicios de visualización a proyecciones				X					x
Iniciar estadísticas de proyecciones a mediano plazo				X					x
Análisis de los resultados				X					x
Fecha de asesoramiento docente tutor				X					-
Crear una tabla de datos general				X					x
Fecha de asesoramiento asesor externo				X					x
Sacar graficas que faciliten la comprensión de datos				X					x
Fecha de asesoramiento docente tutor				X					-
Escribir los análisis hechos a los datos				X					x

En las fechas de asesoramiento docente tutor no se realizó la actividad debido a que no hubo docente tutor, sólo el asesor externo.

CONCLUSIONES

- Al determinar la línea base de la quebrada Agua Sucia con los datos de comportamiento histórico en el área desde 1950 al 2000 que proporciona la herramienta Agua Andes y compararla con las proyecciones de cambio climático (siendo éste un escenario negativo) y cambio del uso del suelo (con un escenario positivo) se concluye, que el no tomar medidas sobre el actual manejo de la quebrada, dará a un mediano plazo (año 2041) un deterioro significativo con pérdidas del balance hídrico y del recurso agua, el cual en un municipio como el Espinal- Tolima que su mayor actividad socioeconómica es la agricultura puede generar altas pérdidas económicas debido a la escasez del recurso agua y, sumado a esto, el deterioro de las tierras en especial que colindan con las quebradas.
- La franja riparia de la quebrada Agua Sucia se encuentra en su mayor parte deteriorada en las zonas del nacimiento hasta la mitad de la microcuenca, y de la mitad hacia la desembocadura es donde en mejor estado se encuentra.
- La microcuenca viene siendo deforestada a una tasa de 2.04 has por año, proceso que generara la pérdida de servicios ambientales asociados a estos ecosistemas.
- Si Usocoello decide un cambio progresivo (30%) del área actual por agricultura de conservación, los impactos positivos sobre la disponibilidad de agua y calidad del agua son altos y los beneficios para la biodiversidad y las comunidades será importante.
- Según los modelos hidrológicos construidos con Agua Andes, demuestran que la quebrada Agua Sucia está siendo impactada por vertimientos humanos e industriales que se vierten en el caso urbano de Espinal, por ende, la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) es una medida de política para proteger este ecosistema.
- Se deben de desarrollar incentivos a la conservación a los arroceros y agricultores que decidan proteger y ampliar las zonas riparias, y en pasar de sistemas de cultivo altamente demandantes de agua y agroquímicos a sistemas más amigables y sostenibles, a través de tecnologías como la nivelación laser entre otras estrategias agrícolas.
- El aumento de la temperatura promedio anual para la zona del proyecto aumentara la evapotranspiración y desde luego incrementara la exigencia de los suelos y cultivos por el agua. En 2041 el clima será mucho más cálido que el actual, por lo tanto, disminuirá la disponibilidad de agua para cultivos.

RECOMENDACIONES

- Hacer campañas de reforestación cerca de la franja riparia de la quebrada Agua Sucia, especialmente desde el nacimiento hasta la parte intermedia ya que en este transecto la franja riparia es muy poca.
- Realizar en compañía de la alcaldía del municipio del Espinal un control de vertimientos, la creación de una PTAR, que mitigue los vertimientos de la cabecera urbana que afectan altamente desde el nacimiento de la quebrada hasta su parte media debido a que según el estudio la contaminación de la quebrada no sólo es por vertimientos de aguas de los cultivos, sino que tiene una incidencia importante los vertimientos en la zona del casco urbano.
- Adoptar y propagar la implementación de las AMTEC (Adopción Masiva de Tecnologías) por parte de los usuarios del distrito y en asociación con entidades como Fedearroz y Corpoica.
- Realizar campañas de capacitación a los usuarios del distrito periódicamente en donde se muestre el presente informe e ir creando conciencia gradualmente entre los usuarios del distrito.
- Se recomienda al distrito la posibilidad de acoger estrategias agrícolas más sostenibles como los cultivos agroforestales, cultivos orgánicos y nuevas tecnologías que contribuyen a la preservación del medio ambiente, en especial los ecosistemas riparios.

BIBLIOGRAFÍA

- Agua Andes. [en línea] [citado en 5/05/2016]. Disponible en: <<http://www1.policysupport.org/cgi-bin/ecoengine/start.cgi?project=aguaandes>>.
- ALCALDÍA DE BOGOTÁ. Decreto 1640 de 2012. [en línea] [citado en 24/05/2016]. Disponible en: <<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=49987>>
- ARCOS, I. Efecto del ancho los ecosistemas riparios en la conservación de la calidad del agua y la biodiversidad en la microcuenca del río Sesesmiles, Copán, Honduras, Tesis de Maestría, CATIE, Costa Rica. 2005. 17 p.
- Asociación para el Progreso de las Comunicaciones (APC). AguaAndes [en línea] [citado en 29/02/2016]. Disponible en: <<https://www.apc.org/es/resources/aguaandes>>.
- BERNAD, Lucía. Franjas de vegetación riparia: usos y funciones, maestría en manejo y conservación de rec naturales para la agricultura. Buenos aires; 2008.
- CICLO HIDROLÓGICO.COM. precipitación. [en línea] [citado en 02/05/2016]. Disponible en: <<http://www.ciclohidrologico.com/precipitacin>>.
- COLOMBIA. MINISTERIO DE AGRICULTURA. DECRETO 1541 (26, julio, 1978). Por el cual se reglamenta la Parte III del Libro II del Decreto - Ley 2811 de 1974: "De las aguas no marítimas" y parcialmente la Ley 23 de 1973. Diario Oficial. Bogotá D.C., (21, agosto, 1978). N° 35078. 65 p.
- COLOMBIA. MINISTERIO DE AGRICULTURA. DECRETO LEY 2811 (18, diciembre, 1974). Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. Diario Oficial. Bogotá, D.C., N°34243. 32 p.
- COLOMBIA. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO, HACIENDA Y MEDIO AMBIENTE. LEY 388 (18, julio, 1997). Por la cual se modifica la Ley 9 de 1989, y la Ley 2 de 1991 y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial. Bogotá D.C., N°43091.1997. 64 p.
- COLOMBIA. MINISTERIO DE AGRICULTURA. LEY 99 (22, diciembre 1993). Por la cual se crea el ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial. Bogotá D.C., N° 41146.1993. 44 p.
- COLOMBIA. MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. LEY 165 (9, noviembre, 1994). Por medio de la cual se aprueba el "Convenio sobre la Diversidad Biológica", hecho en Río de Janeiro el 5 de junio de 1992. Diario Oficial. Bogotá, D.C., N° 41.589.1994. 23 p.
- CURTIS, BARNES, SCHNEK, MASSARINI. La biosfera. [en línea]. [consultado en 2/03/2016]. Panamericana. Curtis biología. 7° edición. Disponible en <<http://www.curtisbiologia.com/biosfera>>.

- FAO. Estado de la información forestal en Colombia... depósito de documentos de la FAO. [en línea] [citado en 29/02/2016]. Capítulo VIII. Estado actual de la información sobre recursos forestales y cambio en el uso de la tierra (instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales - (IDEAM), consultores FAO) Disponible en: <<http://www.fao.org/docrep/006/ad392s/ad392s10.htm>>
- GARRENT, Gene. Establishing and managing riparian forest buffers, Agroforestry in action, University of Missouri center for agroforestry. 2005. AF 1009, US. 20 p.
- GEOCYL. Teledetección. Imágenes de satélite al servicio de la planificación y gestión. [en línea] [consultado en 2/03/2016]. Disponible en <<http://www.geocyl.com/teledeteccion.html>>.
- GLOBAL FOREST. Watch. [en línea] [citado en 5/05/2016]. Disponible en: <<http://www.globalforestwatch.org/map/14/4.12/-74.87/ALL/grayscale/loss,forestgain?tab=countries-tab&begin=2001-01-01&end=2015-01-01&threshold=30>>.
- GONZÁLEZ CUEVA, Mario. Análisis de la normativa, criterios y escenarios para la determinación del ancho de franjas ribereñas como áreas de protección en Costa Rica. Tesis de maestría. centro agronómico tropical de investigación y enseñanza escuela de posgrado. 2011. 105 p.
- HAWES, E. y SMITH, M. Riparian buffer zones: functions and recommended widths. For the eight mile river wild and scenic study committee. 2005. 3 p.
- HERNÁNDEZ RIVERA, Max Adalberto. Curso Sub Regional Manejo Integrado de Agua y Áreas Costeras. Balance Hídrico y Caudal Ecológico: Métodos de evaluación de cantidad y disponibilidad de los recursos hídricos y ecosistemas conexos. En: programa de las naciones unidas para el medio ambiente-PNUMA. [en línea] (06/2010) <http://www.pnuma.org/agua-miaac/SUBREGIONAL%20MESO/MATERIAL%20ADICIONAL/PRESENTACIONES/PONENTES/Tema%20%20-%20Herramientas%20para%20MIAAC/Balance%20Hidrico%20y%20Caudal%20Ecologico%20-%20M%20Hernandez/Balance%20Hidrico.pdf> [consultado en 02/05/2016].
- INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA NATURALEZA, TERRITORIO Y ENERGÍAS RENOVABLES – INTE-PUCP. Investigaciones. El rol de la interceptación de niebla en el balance hídrico del bosque nublado tropical montano del valle de Kosñipata, Departamento de Cusco. [en línea] [consultado en: 5/05/2016]. Disponible en: <<http://neptuno.pucp.edu.pe/cein/inte/de/investigacion/balance-hidrico-bosque-kosnipata/>>.
- INSTITUTO DE ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEA - GRUPO DE TRABAJO ACADÉMICO EN INGENIERÍA HIDRÁULICA Y AMBIENTAL. Estimación de las áreas de protección ambiental en la zona urbana del vergel - municipio de Ibagué, cuenca del río chipalo. CORTOLIMA. Manizales. 2010. 24 p.

- IPCC, 2007: Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 104 p.
- LOVETT, S. & PRICE, P. Riparian Land Management Technical Guidelines, Volume Two: On-ground Management Tools and Techniques. LWRRDC, Canberra. ISBN 0 642 26775 8 (set of 2 vols). 1999. p 68 -72.
- LOZANO, Yurley. Estadística visita franjas protectoras práctica empresarial Usocoello. Girardot. 2015.
- MANUAL DE LOMBRICULTURA. Diccionario - Glosario Lombricultura y Ag. Orgánica. Agricultura intensiva. [en línea] [consultado en 2/03/2016] Disponible en: <<http://www.manualdelombricultura.com/glosario/pal/215.html>>.
- MULLIGAN. Mark y BURKE. CompAndes. [en línea] [consultado 25/02/2016] Disponible en: <<http://www.policysupport.org/companies>>.
- Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático. Actividades. [en línea] [citado el 5/05/2016] disponible en <http://www.ipcc.ch/home_languages_main_spanish.shtml>.
- ROBERT, J.; NAIMAN.; ROBERT, E.; BILBY.; PETER, A.; BISSON, P. Riparian Ecology and Management in the Pacific Coastal Rain Forest. BioScience 50 (11). 2000. p 996-1010.
- SECRETARIA DE MEDIOAMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. Servicios ambientales. Comisión nacional forestal. [24/02/2015] [en línea] [consultado en: 2/03/2016]. México. Disponible en <<http://www.conafor.gob.mx/web/temas-forestales/servicios-ambientales/>>.
- Sistemas de Información Geográfica y Teledetección. [en línea] [consultado en 2/03/2016] Disponible en <http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material121/unidad2/td_sig.htm>.

ANEXOS

Anexo A. Diapositivas a Usuarios Usocoello.

En las diapositivas anexas se hace la presentación a los usuarios del distrito con el fin de que comprendan la importancia de las franjas riparias, se hacen en lenguaje sencillo y los resultados simplificados de forma que se pueda transmitir de manera clara, llamativa y concisa la información.

Anexo B. Folleto de Socialización

En el folleto anexo se hace con el fin de que la información esté disponible y a la mano del campesino usuario del distrito y todo el que lo requiera de manera breve y didáctica y sencilla de comprender haciendo hincapié en la importancia de preservar