



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

**“EVALUACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA DE LA
MICROCUENCA DEL RÍO BLANCO EN EL
FORTALECIMIENTO DE SU GESTIÓN Y POLÍTICA
COMUNITARIA.”**

TRABAJO DE TITULACIÓN:

TIPO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTORES: CHACHA GUNSHA JESSICA PAOLA

COSTA TANDAZO DENISSE CAROLINA

DIRECTORA: ING. SOFIA CAROLINA GODOY PONCE

Riobamba - Ecuador

2019

©2019, Jessica Paola Chacha Gunsha, Denisse Carolina Costa Tandazo.

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

El tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de investigación: “**EVALUACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO BLANCO EN EL FORTALECIMIENTO DE SU GESTIÓN Y POLÍTICA COMUNITARIA**”, de responsabilidad de las señoritas Jessica Paola Chacha Gunsha y Denisse Carolina Costa Tandazo, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Trabajo de Titulación quedando autorizada su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. Sofia Carolina Godoy Ponce



09-05-2019

**DIRECTOR DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**

Dra. Magdy Mileni Echeverría
Guadalupe



09-05-2019

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Nosotras, Jessica Paola Chacha Gunsha y Denisse Carolina Costa Tandazo, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, 09 de mayo del 2019



Jessica Paola Chacha Gunsha

C.I. 060425405-2



Denisse Carolina Costa Tandazo

C.I.220043810-5

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico principalmente a Dios que ha guiado mi camino a lo largo de la carrera.
A mis padres Marina y Patricio quienes son las personas más importantes en mi vida, gracias por su apoyo y amor incondicional, todo es por y para Uds.

A mis hermanos Kevin y Cristian gracias por estar conmigo en todo momento.

A mis primas, tíos y demás familia gracias por creer en mí siempre.

A mis compañeros, amigos y todas aquellas personas que confiaron en mí e hicieron de este largo camino memorable.

Jéssica Paola Chacha Gunsha

Este trabajo se lo dedico primeramente a Dios por permitirme llegar hasta este momento, por guiar mis pasos a lo largo del camino.

A mi pequeño DiMario por ser ese ángel que vino alegrar mi vida brindándome el amor más puro que puede existir y por darme las fuerzas que necesitaba para no rendirme.

A mi padre Alexis por ser mi apoyo incondicional y perdonar mis errores.

A mi abuelita Maruja por su papel de madre gracias por cuidarme y sobre todo brindarme su amor.

A mi hermana Mayra por ser mi amiga y creer en mí.

A mis sobrinas Annela y Kamyla por brindarme su cariño.

A todos aquellos conocidos, amigos y familia que confiaron en mí.

Denisse Carolina Costa Tandazo

AGRADECIMIENTO

A nuestros docentes quienes nos han brindado sus conocimientos en toda nuestra etapa universitaria.

Agradecemos a nuestra directora la Ing. Sofía Godoy por el apoyo brindado para culminar con éxito el trabajo de titulación, a nuestra asesora la Dra. Magdy Echeverría, al Ing. Paul Burbano por darnos la ayuda necesaria tanto en movilización e información por parte de la EERSA, al igual que el Ing. Carlos Orozco quien fue nuestro guía en la microcuenca, nos ayudó desinteresadamente convirtiéndose en un gran apoyo para nosotras, al GIDAC quienes son parte del Programa de investigación “Building a Resilient Future for the Andean Paramo Ecosystem of Ecuador” por su acogida y a todas las personas que habitan en la microcuenca del Río Blanco quienes nos colaboraron para realizar nuestro trabajo de titulación con éxito.

Jéssica & Denisse

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	¡Error! Marcador no definido.
ABSTRACT	¡Error! Marcador no definido.
CAPÍTULO I	
1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	4
1.1 Antecedentes de la investigación	4
1.2 Marco Conceptual	6
<i>1.2.1 Cuencas hidrográficas y huella hídrica</i>	6
1.2.1.1 Cuenca hidrográfica	6
1.2.1.2 Microcuenca como unidad hidrológica	7
1.2.1.3 Principales microcuencas de la provincia de Chimborazo	7
<i>1.2.2 Huella Hídrica</i>	8
1.2.2.1 Evaluación de la Huella Hídrica	8
1.2.2.2 Componentes de la Huella Hídrica	8
<i>1.2.3 Gestión comunitaria y política pública para la evaluación de la Huella Hídrica</i>	8
<i>1.2.3.1 Entidades de control del recurso hídrico</i>	9
1.3 Marco Legal	10
<i>1.3.1 Política pública para la gestión de recursos hídricos en el Ecuador</i>	10
CAPÍTULO II	
2. METODOLOGIA	18
2.1 Fase I: Alcance de evaluación de la Huella Hídrica	18
<i>2.1.1 Recopilación de información</i>	18
2.1.1.1 Puntos de monitoreo.....	18
2.1.1.2 Selección de la muestra.....	19
2.1.1.3 Muestreos.....	20
2.2 Fase II: Cuantificación de la Huella Hídrica	23
<i>2.2.1 Sector Agrícola</i>	23
2.2.1.1 Huella Hídrica Verde Agrícola	27

2.2.1.3. Huella Hídrica Gris Agrícola	28
2.2.2 Sector Pecuario.....	29
2.2.2.1. Huella Verde Pecuaria.....	30
2.2.2.2. Huella Hídrica Azul Pecuaria.....	31
2.2.2.3. Huella Hídrica Gris Pecuaria	31
2.2.3 Sector Doméstico	31
2.2.3.1. Huella Hídrica Azul Doméstica	31
2.2.4 Sector Industrial.....	34
2.2.4.1. Huella Hídrica Azul Industrial	34
2.2.4.2 Huella Hídrica Gris Industrial	35
2.2.5 Sector Energético	35
2.2.5.1 Huella Hídrica Azul Energética	35
2.2.5.2 Huella Hídrica Gris Energético	37
2.2.6 Huella Hídrica Total de la Microcuenca del Río Blanco	37
2.3 Fase III: Análisis de la sostenibilidad de la Huella Hídrica	38
2.3.1 Sostenibilidad ambiental.....	38
2.3.1.1 Sostenibilidad ambiental de la Huella Hídrica Azul	38
2.3.1.2 Sostenibilidad ambiental de la Huella Hídrica Verde	39
2.3.1.3. Sostenibilidad ambiental de la huella hídrica gris.....	40
2.3.2 Sostenibilidad económica.....	40
2.3.3 Sostenibilidad social.....	42
2.4 Fase IV: Formulación de estrategias de respuesta para la gestión de la huella hídrica	43
CAPÍTULO III	
3. RESULTADOS Y DISCUSION.....	44
3.1 Fase I: Alcance de evaluación de la Huella Hídrica	44
3.1.1 Selección de la muestra.....	45
3.1.2 Muestreos.....	46
3.1.2.1 Muestreo de agua	46
3.1.2.2 Muestreo del suelo	51

3.2 Fase II: Cuantificación de la Huella Hídrica por sectores	52
3.2.1 Sector Agrícola	52
3.2.1.1 Huella Hídrica Verde Agrícola	56
3.2.1.2 Huella Hídrica Azul Agrícola	57
3.2.1.3 Huella Hídrica Gris Agrícola	58
3.2.2 Sector Pecuario	60
3.2.3 Sector Doméstico	62
3.2.3.1 Huella Azul Doméstico	62
3.2.3.2 Huella Gris Doméstico	62
3.2.4 Sector Industrial	64
3.2.5 Sector Eléctrico	64
3.2.6 Huella Hídrica por sectores	65
3.2.7 Huella Hídrica total de la Microcuenca del Río Blanco	66
3.3 Fase III: Análisis de la sostenibilidad de la Huella Hídrica	67
3.3.1 Sostenibilidad ambiental de la Huella Hídrica Azul	67
3.3.2 Sostenibilidad ambiental de la Huella Hídrica Verde	68
3.3.3 Sostenibilidad ambiental de la huella hídrica gris	68
3.3.4 Sostenibilidad económica Huella Hídrica	69
3.3.5 Sostenibilidad social	72
3.4 Fase IV: Formulación de estrategias de respuesta para la gestión de la huella hídrica	73
CONCLUSIONES	77
RECOMENDACIONES	78
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Ubicación de los puntos de monitoreo	19
Tabla 2-2: Parámetros fisicoquímicos caracterizados.....	20
Tabla 3-2: Parámetros físicos del suelo.....	22
Tabla 4-2: Datos climáticos de la microcuenca	23
Tabla 5-2: Cultivos más representativos de la microcuenca del río Blanco.....	24
Tabla 6-2: Variable de cultivo.....	24
Tabla 7-2: Variables edáficas.....	26
Tabla 8-2: Estrategias para la gestión y política comunitaria	43
Tabla 1-3: Coordenada de los puntos de monitoreo.....	44
Tabla 2-3: Tamaño de la muestra.....	45
Tabla 3-3: Parámetros In situ	46
Tabla 4-3: Resultados del Laboratorio	48
Tabla 5-3: Tasa de infiltración	51
Tabla 6-3: Resultados de los parámetros del suelo	52
Tabla 7-3: Datos climáticos	52
Tabla 8-3: Datos de precipitación	53
Tabla 9-3: Kc de cada cultivo	54
Tabla 10-3: Datos de la altura y profundidad radicular de los cultivos.....	54
Tabla 11-3: Fecha de siembra de los cultivos	55
Tabla 12-3: Etapas de crecimiento	55
Tabla 13-3: Fracción de agotamiento crítico de cada cultivo	56
Tabla 14-3: Respuesta del rendimiento de los cultivos.....	56
Tabla 15-3: Huella Hídrica de la Microcuenca	65
Tabla 16-3: Huella Hídrica Total.....	66
Tabla 17-3: Cálculo del análisis de la sostenibilidad huella hídrica azul.....	67
Tabla 18-3: Análisis de sostenibilidad huella Verde.....	68
Tabla 19-3: Análisis de sostenibilidad huella Gris.....	68
Tabla 20-3: Productividad aparente sector agrícola	69
Tabla 21-3: Productividad aparente del sector pecuario	71
Tabla 22-3: Productividad aparente del sector domestico.....	71
Tabla 23-3: Productividad aparente del sector industrial	71
Tabla 24-3: Productividad aparente del sector energético	72

Tabla 25-3: Estrategias para la gestión y política comunitaria para el sector Agrícola	73
Tabla 26-3: Estrategias para la gestión y política comunitaria para el sector Pecuario	74
Tabla 27-3: Estrategias para la gestión y política comunitaria para el sector Doméstico	74
Tabla 28-3: Estrategias para la gestión y política comunitaria para el sector Industrial	75
Tabla 29-3: Estrategias para la gestión y política comunitaria para el sector Energético	76

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3: Datos de temperatura del agua	46
Gráfico 2-3: Datos del pH	47
Gráfico 3-3: Datos del Caudal	48
Gráfico 4-3: Resultados de análisis de agua.....	49
Gráfico 5-3: Huella Hídrica Verde Agrícola por tonelada de producción	57
Gráfico 6-3: Huella Hídrica Azul Agrícola por tonelada de producción	58
Gráfico 7-3: Huella Hídrica Gris Agrícola por tonelada de producción	59
Gráfico 8-3: Huella Hídrica Agrícola.....	60
Gráfico 9-3: Huella Hídrica Pecuaria.....	61
Gráfico 10-3: Huella Hídrica Pecuaria.....	62
Gráfico 11-3: Huella Hídrica Doméstico por habitante	63
Gráfico 12-3: Huella Hídrica Doméstico del total	63
Gráfico 13-3: Huella Hídrica Industrial	64
Gráfico 14-3: Huella Hídrica Energética.....	65
Gráfico 15-3: Huella Hídrica Total por sector	66
Gráfico 16-3: Huella Hídrica Total	67
Gráfico 17-3: Sostenibilidad de las Huellas Hídricas	69
Gráfico 18-3: Productividad aparente del agua sector agrícola.....	70
Gráfico 19-3: Productividad aparente de tierra sector agrícola.....	70
Gráfico 20-3: APW por sectores.....	72

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1-2: Tamaño de la muestra.....	19
Ecuación 2-2: Velocidad media	21
Ecuación 3-2: Área transversal	21
Ecuación 4-2: Caudal	21
Ecuación 5-2: Velocidad de infiltración	22
Ecuación 6-2: Coeficiente del cultivo en la etapa inicial	24
Ecuación 7-2: Coeficiente del cultivo en la etapa media	25
Ecuación 8-2: Coeficiente del cultivo en la etapa final.....	25
Ecuación 9-2: Evapotranspiración verde	27
Ecuación 10-2: Huella Hídrica verde para el sector agrícola.....	27
Ecuación 11-2: Evapotranspiración azul.....	27
Ecuación 12-2: Requerimiento de riego.....	28
Ecuación 13-2: Huella Hídrica azul agrícola	28
Ecuación 14-2: Huella Hídrica gris agrícola.....	28
Ecuación 15-2: Huella hídrica pecuaria	29
Ecuación 16-2: Huella hídrica pecuaria	29
Ecuación 17-2: Capacidad de carga animal	30
Ecuación 18-2: Requerimiento de materia seca	30
Ecuación 19-2: Huella Hídrica Azul Doméstica.....	31
Ecuación 20-2: Huella hídrica azul de la planta de potabilización	32
Ecuación 21-2: Huella hídrica azul de la distribución	32
Ecuación 22-2: Huella hídrica azul del consumo.....	32
Ecuación 23-2: Huella Hídrica Gris Doméstica.....	33
Ecuación 24-2: Huella hídrica gris del consumo	33
Ecuación 25-2: Huella Hídrica Gris de la descarga	33
Ecuación 26-2: Huella Hídrica Gris de la planta de potabilización	33
Ecuación 27-2: Huella hídrica gris de la distribución	34
Ecuación 28-2: Huella Hídrica Azul Industrial.....	34
Ecuación 29-2: Huella Hídrica Gris Industrial.....	35
Ecuación 30-2: Huella Hídrica Azul Energética.....	35
Ecuación 31-2: Volumen de agua evaporada.....	36

Ecuación 32-2: Evaporación Thornthwaite.....	36
Ecuación 33-2: Índice de calor anual	36
Ecuación 34-2: α en función de I	36
Ecuación 35-2: Huella Hídrica Gris Energético.....	37
Ecuación 36-2: Huella Hídrica Total	37
Ecuación 37-2: Disponibilidad de agua azul.....	38
Ecuación 38-2: Escasez de agua Azul.....	38
Ecuación 39-2: Disponibilidad de agua verde.....	39
Ecuación 40-2: Escasez de agua verde.....	39
Ecuación 41-2: Nivel de Contaminación de Agua	40
Ecuación 42-2: Productividad Aparente del agua azul agrícola.....	40
Ecuación 43-2: Productividad Aparente de la tierra	41
Ecuación 44-2: Productividad Aparente del agua azul pecuaria.....	41
Ecuación 45-2: Productividad Aparente del agua azul energético.....	41
Ecuación 46-2: Productividad Aparente del agua azul doméstico	42
Ecuación 47-2: Productividad Aparente del agua azul industrial	42

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: Puntos de muestreo

ANEXO B: Muestreo del agua

ANEXO C: Muestreo del suelo

ANEXO D: Equipos utilizados

ANEXO E: Medición de caudales

ANEXO F: Entrevistas

ANEXO G: Informe de análisis de agua del laboratorio de servicios ambientales

ANEXO H: Informe de análisis de suelo del laboratorio de servicios ambientales

ANEXO I: Carta Auspicio GIDAC-ESPOCH

ANEXO J: Oficio emitido a la EERSA

ANEXO K: Oficio de respuesta de la EERSA

ANEXO L: Oficio emitido a SENAGUA

ANEXO M: Oficio de respuesta de SENAGUA

ANEXO N: Preguntas para la entrevista a pobladores

ANEXO O: Registro de personas entrevistadas

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ARCA	Agencia de Regulación y Control del Agua
EERSA	Empresa Eléctrica Riobamba S.A
HH	Huella Hídrica
INAMHI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
INIAP	Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Ecuador
IICA	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
MAE	Ministerio del Ambiente
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería
SENAGUA	Secretaría Nacional del Agua

RESUMEN

El objetivo fue evaluar la huella hídrica de la microcuenca del Río Blanco en Chimborazo para el fortalecimiento de su gestión y política comunitaria, como una herramienta para conocer la sostenibilidad del recurso hídrico. Esta investigación forma parte del programa “Building a Resilient Future for the Andean Paramo Ecosystem of Ecuador” del Grupo de Investigación y Desarrollo para el Ambiente y Cambio Climático (GIDAC)-ESPOCH. El estudio se basó en la Guía metodológica para la evaluación de la huella hídrica de una cuenca hidrográfica IICA, analizando tres indicadores: huella hídrica verde, azul y gris en cinco tramos de la microcuenca, además se complementó con muestreos de agua y suelo, mediciones de caudales e infiltración, entrevistas a la población. Para el análisis de la información se utilizó el programa Cropwat 8.0, Climwat 2.0 y la aplicación de fórmulas que permiten integrar las variables hidrológicas. Los resultados obtenidos en la época lluviosa presentan: Huella Hídrica verde de 100143.14 m³, Huella Hídrica Azul de 114666.37 m³ y Huella Hídrica Gris de 26101.77 m³, donde el sector agrícola aportó mayoritariamente a la valoración final de la huella hídrica. El análisis de sostenibilidad del Río Blanco comprendió índices de escasez Azul de 0.05, 0.12 para el índice de escasez Verde y 0.01 para el Gris; todos menores a 1, demostrando que en la actualidad existe sostenibilidad en la microcuenca tanto para consumo, disponibilidad y depuración del agua. Por lo tanto, con la formulación de estrategias se espera incorporar a la microcuenca un instrumento que contribuya a la mejora del uso del recurso hídrico y la formulación de medidas que permitan mantener la sostenibilidad de la microcuenca, sin abandonar el trabajo y la inclusión. Por lo que se recomienda fortalecer las redes de investigación y conocimiento sobre huella hídrica en época lluviosa y seca.

Palabras clave: INGENIERIA AMBIENTAL, MICROCUENCA, HUELLA HÍDRICA; HUELLA HÍDRICA AZUL, HUELLA HÍDRICA VERDE, HUELLA HÍDRICA GRIS, SOSTENIBILIDAD.



ABSTRACT

The goal was to evaluate the water footprint of the Río Blanco micro-basin in Chimborazo for the strengthening of its management and community policy, as a tool to know the sustainability of the water resource. This research is part of the "Building a Resilient Future for the Andean Paramo Ecosystem of Ecuador" program of the Research and Development Group for the Environment and Climate Change (GIDAC) -ESPOCH. The study was based on the Methodological Guide for the evaluation of the water footprint of an IICA watershed, analyzing three indicators: green, blue and gray water footprints in five stretches of the micro-basin, as well as water and soil sampling, measurements of flows and infiltration, interviews to the population. For the analysis of the information, we used the Cropwat 8.0 program, Climwat 2.0 and the application of formulas that can integrate the hydrological variables. The results obtained in the rainy season present: Green Water Footprint of 100143.14 m³ Blue Water Footprint of 114666.37 m³ and Footprint Gray Water of 26101.77 m³, where the agricultural sector contributed regularly to the final assessment of the water footprint. The Blanco River sustainability analysis included Blue shortage indexes of 0.05, 0.12 for the Green shortage index and 0.01 for the Gray shortage index; all less than 1, demonstrating that currently there is sustainability in the micro-basin both for consumption, availability and water purification. Therefore, with the formulation of strategies, it is expected to incorporate an instrument that contributes to the improvement of the use of water resources and the formulation of measures to maintain the sustainability of the river basin, without abandoning work and inclusion. Therefore, it is recommended to strengthen the networks of research and knowledge on water footprint in the rainy and dry seasons.

Keywords: ENVIRONMENTAL ENGINEERING, MICRO-BASIN, WATER FOOTPRINT; BLUE HYDRIC FOOTPRINT, GREEN WATER FOOTPRINT, GRAY WATER FOOTPRINT, SUSTAINABILITY.



INTRODUCCIÓN

Los recursos hídricos y la gama de servicios que brindan cumplen un papel clave en el crecimiento económico y la sostenibilidad ambiental. Hoy en día, debido al crecimiento demográfico, al acelerado desarrollo económico y otros desafíos que afectan a los recursos naturales, el valor del agua ha aumentado de manera drástica (Naciones Unidas, 2018). La ONU en la cumbre del milenio propone elaborar planes de gestión integrada y eficiente del recurso hídrico a fin de acabar con la explotación insostenible del agua (Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia, 2013, p.8).

En el documento final de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible (Río+20), titulado “El futuro que queremos”, se reconoció la mejora de la gestión de los recursos hídricos como base para la consecución de un desarrollo sostenible, siendo la Huella Hídrica un indicador que permite determinar la sostenibilidad del uso del agua mediante la información transparente y completa sobre su consumo en relación con la disponibilidad de esta en el área de influencia, la importancia en la sociedad y en la gestión territorial).

La huella hídrica permite calcular el volumen del agua que se debería utilizar en cada proceso o actividad que se produce en los alrededores del sistema hídrico, así como la composición de esta agua (gris, azul y verde) lo que no solo permitiría conocer el grado de eficiencia, sino también los impactos ambientales que se generan (Water Footprint Network, 2002, pp.5-6).

La evaluación busca apoyar el diseño de estrategias de respuesta para realizar una asignación responsable y sostenible del agua, convirtiéndose en una herramienta que apoya la gestión integrada del recurso hídrico.

La microcuenca del Río Blanco nace de la vertiente del nevado el Altar, se encuentra territorialmente ubicada en gran parte en la parroquia Químiag del cantón Riobamba, parroquia Candelaria en el cantón Penipe, la parroquia San Andrés en el cantón Guano y en el área de la Reserva de Producción Faunística Chimborazo esta microcuenca ostenta una superficie de 14 504.04 ha, con una altitud que comprende desde los 2400 hasta los 5181 msnm con pendientes de 55% (Muñoz, 2008, pp.5-7).

El Río Blanco constituye una fuente importante para el abastecimiento de agua en las comunidades aledañas, provee de agua a 10455 familias, 5384 utilizan para agua de consumo y 5071 familias para agua de riego con un caudal de 1.97m³/s, gran parte de esta agua es utilizada para generar energía por lo que 1.3m³/s son dirigidos a la central hidroeléctrica Río Blanco para crear 3 megaWatt (Carrión et al., 2013: pp.14-16).

Los mayores inconvenientes que se producen en torno a la microcuenca del Río Blanco es la desigual distribución del agua a los 2236 habitantes que la requieren y al estar constituida por importantes áreas de biodiversidad, y cubierta por el 54% de páramos y 14% por bosques andinos se ve amenazada debido a la explotación de sus recursos naturales (Gonzaga, 2013, pp.117-119).

El incremento de las actividades agropecuarias en la zona, relacionadas con el sobrepastoreo, quema de paja, el incremento de los cultivos, uso excesivo de agroquímicos; han provocado la erosión del suelo de la microcuenca. A esto se suman los inconvenientes sociopolíticos y socioeconómicos de esos sectores cercanos al río, lo que han generado que cuestiones relacionados con el manejo de los recursos naturales pasen a segundo plano, desatendiendo el buen uso del recurso.

El trabajo de investigación que es parte del Programa de investigación “Building a Resilient Future for the Andean Paramo Ecosystem of Ecuador” GIDAC tuvo la colaboración de la EERSA en cuanto a movilización, información y entrevistas a trabajadores de la central hidroeléctrica Río Blanco.

OBJETIVOS

General

- Evaluar la Huella Hídrica de la microcuenca del Río Blanco en el fortalecimiento de su gestión y política comunitaria.

Específicos

- Contabilizar la Huella hídrica en la microcuenca del Río Blanco
- Analizar la sostenibilidad de la Huella Hídrica en la microcuenca del Río Blanco
- Formular estrategias para la gestión y política comunitaria en respuesta a la Huella Hídrica.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1 Antecedentes de la investigación

La huella hídrica nace como una propuesta de los foros políticos debido a la presión ejercida por la sociedad sobre el consumo y el manejo del agua proveniente de las fuentes hídricas, el interés principal es reflexionar sobre el agotamiento de un producto y como este puede generar inconvenientes (Estévez, 2016).

En el Ecuador no existen estudios de la evaluación de la huella hídrica de la microcuenca del Río Blanco, sin embargo, estos estudios son de gran interés debido a que permiten conocer la calidad y la cantidad de agua de la microcuenca de estudio.

Novoa et al., (2019, pp.19-28), desarrollaron una investigación en Chile sobre “Sustainability assessment of the agricultural water footprint in the Cachapoal River basin, Chile”, el objetivo principal fue la evaluación de la sostenibilidad y el consumo del agua en la agricultura mediante el análisis de tres secciones, alta, media y baja en diferentes épocas del año. En la metodología se utilizó el estudio de Hoekstra et al.2008 el cual es un indicador del recurso hídrico que permite conocer el volumen de agua que se utiliza en cada proceso, y para los cálculos se hicieron análisis de correlación de Pearson por medio de programas estadísticos, otro de los puntos considerados en la investigación fue la variabilidad climática en la producción agrícola, variabilidad de evapotranspiración, requerimiento para agua de riego, entre otros. Como conclusión, la variabilidad climática tuvo gran incidencia sobre el tipo de suministro de agua.

De acuerdo al trabajo de Novoa, el cálculo de la huella hídrica constituye una parte trascendental en la agricultura de cada país, permite estimar la cantidad de agua necesaria para cada cultivo, logrando así la *sostenibilidad*. La metodología planteada por este trabajo puede ayudarnos a la toma de decisiones a la hora de desarrollar nuestro estudio.

Xie et al., (2019, pp.316-325), realizaron la investigación “Regional water footprints assessment for hydroelectricity generation in China” en este estudio se analizó la huella hídrica en el sector hidroeléctrico para conocer el volumen de agua que se evapora en la generación de energía, para el cálculo de este trabajo se tomó como datos 300 plantas, tomando a consideración la evaporación

y evapotranspiración, los resultados variaron de acuerdo a la época del año en la que se realizó, demostrando que en aquellas en las que se tiene una escasez de agua no es adecuada para el desarrollo hidroeléctrico

La investigación sobre “Influential factors on water footprint: A focus on wheat production and consumption in virtual water import and export regions” (Ye et al., 2019, pp.309-315) parte de la necesidad de conocer la demanda de agua que se utiliza en el sector Agrícola especialmente del cultivo de trigo, la metodología se basó en el estudio de la FAO, para los cálculos realizados se tomó en cuenta el producto interno bruto, la población del lugar, el cambio climático, utilizando un modelo de regresión lineal, como resultados se obtuvo que el producto interno bruto y la población son los factores predominantes para que se produzca una mayor demanda de agua

En la Universidad Pontificia Bolivariana ubicada en Medellín, Colombia se realizó la “Determinación de la huella hídrica del sector doméstico en la Cuenca del Río Porce” (Arango, 2013, pp.126-128), para una gestión integral de los recursos hídricos mediante el uso de indicadores. Los resultados obtenidos fueron una recopilación de datos de aproximadamente 7 años mediante recopilaciones de varias fuentes secundarias, los análisis se realizaron por municipios, además se tomó en cuenta agua azul y gris excluyendo agua verde. Por lo que la conclusión fue que las transmisiones de aguas entre las cuencas tienden a disminuir la huella hídrica azul.

Las investigaciones realizadas en el Ecuador referente a la huella hídrica han sido:

En el 2012 Solange Isabel Pérez Arcos, evaluó y analizó la huella hídrica y agua virtual de la producción agrícola en el Ecuador, en este estudio se determinó el impacto en la huella hídrica (HH) y el agua virtual (AV) que tiene la producción de 12 cultivos agrícolas ecuatorianos incluyendo cinco para exportación, utilizando la metodología descrita por Hoekstra et al.2008 y el modelo CROPWAT 8.0, en el que se identificaron los requerimientos de agua de los cultivos. De acuerdo a resultados del estudio, los factores más relevantes afectando la HH son: ciclo del cultivo (fechas de siembra y cosecha entre las provincias de la Sierra y Costa), el clima, los rendimientos y en la cantidad de riego que se aplica a cada cultivo.

Erika Zarate & Derk Kuiper (2013), evaluaron la Huella Hídrica del banano para pequeños productores en Perú y Ecuador para lo cual aplicaron la metodología de evaluación de Huella Hídrica propuesta por la Red Internacional de Huella Hídrica a dos muestras de productores de banano. Se calculó un valor promedio de huella hídrica para la muestra ecuatoriana de 576 m³/t (48% verde, 34% azul y 18% gris). En Ecuador, 18% de la huella hídrica es gris, existente tanto en la fase agrícola por lixiviado de Nitrógeno a partir de la práctica convencional, como en la fase de empaque por vertimientos.

De acuerdo al estudio realizado por Lala (2017) sobre el “Análisis de la sostenibilidad de la producción de agua en la Microcuenca del Río Pita mediante la determinación de la huella hídrica y disponibilidad de agua” tuvo por objetivo principal conocer el uso del agua de esta microcuenca, el análisis de la huella hídrica, la sostenibilidad de su manejo y la disponibilidad del agua. Para la ejecución de esta investigación su metodología está basada en el estudio de *Hoekstra*, se plantearon esquemas para la huella hídrica, se analizaron 5 sectores presentes en la microcuenca del Río Pita estos fueron el sector doméstico, agropecuario, industrial, minero y energético. Además, para levantar información realizaron trabajo de campo y archivos emitidos por las entidades del sector.

El cálculo se realizó de acuerdo a las huellas verde, azul y gris, obteniendo una mayor cantidad de huella gris 45.8 millones de m³.

El sector doméstico presentó una alta huella azul, con una sostenibilidad en el consumo y capacidad de depuración de agua. Este trabajo investigativo resulta interesante debido a que en el Ecuador al no tener estudios detallados de las microcuencas abre caminos para conocer los usos y el nivel de contaminación que tienen las aguas, además de que su interés en los estudios de gestión integrada de los recursos hídricos, es parte fundamental de la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA).

1.2 Marco Conceptual

1.2.1 Cuencas hidrográficas y huella hídrica

1.2.1.1 Cuenca hidrográfica

Una cuenca hidrográfica se define según Arévalo (2017) como una unidad territorial en la cual el agua que cae por precipitación se reúne y escurre hacia un punto común, bien sea un río, un lago o el mar, para un período de tiempo determinado (por ejemplo, un mes o un año). La precipitación escurre, se evapora, o se almacena como humedad del suelo, o incrementando el nivel de lagos y acuíferos.

-Cuenca alta: Corresponde generalmente a las áreas montañosas o cabeceras de los cerros, limitadas en su parte superior por las divisorias de aguas.

-Cuenca media: Donde se juntan las aguas recogidas en las partes altas y en donde el río principal mantiene un cauce definido.

-Cuenca baja o zonas transicionales: Donde el río desemboca a ríos mayores o a zonas bajas tales como estuarios y humedales (Arévalo, 2017).

1.2.1.2 Microcuenca como unidad hidrológica

Una microcuenca es el área natural receptora de montaña donde fluyen las primeras aguas hacia colectores comunes de orden mayor, está circunscrita a un territorio limitado por la división de aguas o divisoria de los cerros, las laderas y los valles y, en ella se dinamiza la actividad cotidiana de las comunidades campesinas e indígenas que mantienen permanente interacción e interdependencia económica, socio-cultural y ambiental (Ordoñez, 2011)

En adición a este concepto, las microcuencas constituyen el espacio práctico donde se ejecutan los proyectos y acciones y, con ellos se cristalizan las políticas, estrategias, programas diseñados en los niveles de cuencas y subcuencas respectivamente (Zury, 2004).

1.2.1.3 Principales microcuencas de la provincia de Chimborazo

Las principales microcuencas de la provincia de Chimborazo son constituidas por: *Río Chimborazo* correspondiente a la parroquia de San Juan cantón Riobamba; *Río Blanco* parroquias Quimiag del cantón Riobamba y La Candelaria del cantón Penipe, el Territorio hídrico de Cebadas que comprende cuatro microcuencas: *Yasipán, Tingo, Ichubamba y Guarguallá*, en el cantón Guamote de la provincia de Chimborazo.

SISTEMA	CUENCA	SUBCUENCA	MICROCUENCAS	
			CÓDIGO	NOMBRE
GUAYAS	RÍO GUAYAS	RÍO YAGUACHI	5205034	Q. Chalthuayacu
			5205033	Q. San Francisco
			5205032	R. Pumachaca
			5205035	Q. Huagra Corral
			5205036	Q. Morocho
			5205037	Q. Conventillo
			5205038	Q. Quilloyacú
			5205039	R. Zula
			5205041	R. Huasachaca
			5205042	Q. Chorrera de C.
			5205043	R. Sevilla
			5205044	Q. Yaute Huaicu
			5205045	R. Machángara
			5205046	Q. Santicay
			5205047	R. Huatacsi
			5205048	R. Tilante
			5205049	R. Turmas
			5205050	R. Chiguangay
			5205052	R. Chilicay
			5205053	R. Azul
5205051	R. Angas			
5205052	Drenajes Menores			
5205031	R. Blanco			
5205029	Q. Chalthuayacu			
5205027	R. San Pablo			
5205019	R. Panza			

Figura 1-1: Principales Microcuencas Hidrográficas de Chimborazo

Fuente: (Arias, 2007).

1.2.2 Huella Hídrica

1.2.2.1 Evaluación de la Huella Hídrica

La Huella Hídrica (HH) es un indicador del consumo y contaminación de agua dulce, que contempla las dimensiones directa e indirecta. Su concepto fue introducido por primera vez en el año 2002 por el Dr. Arjen Hoekstra y desde entonces es difundido por la organización Water Footprint Network (WFN).

Se refiere al consumo humano de agua dulce y a la contaminación del agua asociada a un proceso antrópico (apropiación humana de agua dulce).

1.2.2.2 Componentes de la Huella Hídrica

La FAO (2000) establece que el agua dentro de una unidad territorial, como el caso de una cuenca, puede estar disponible como agua que proviene de la lluvia y que se almacena como humedad del suelo (agua verde) o como escorrentía en cuerpos de agua superficial o subterránea (agua azul). Esta definición de los colores del agua, define los colores de apropiación o uso consuntivo de agua como huella hídrica azul y huella hídrica verde.

La huella hídrica azul, entonces, se refiere al uso consuntivo de aguas superficiales (por ejemplo, ríos, lagos) y aguas subterráneas.

La huella hídrica verde, por su parte, se refiere al uso consuntivo de agua almacenada en el suelo, como humedad proveniente de la precipitación, que se evapora, usualmente en la agricultura.

La huella hídrica gris se define como el volumen teórico de agua limpia requerida para asimilar o diluir un volumen de cierta carga de contaminantes vertidos a un cuerpo de agua.

1.2.3 Gestión comunitaria y política pública para la evaluación de la Huella Hídrica

El cien por ciento de comunidades de la microcuenca hidrográfica del Río Blanco cuentan con energía eléctrica y con agua (potable y entubada), mientras que el alcantarillado y servicio de recolección de basura disponen tan solo las comunidades de La Candelaria, Gaviñay y La Victoria; es decir, el 23.07% del total de comunidades. La mayor parte de las Comunidades cuentan con letrinas, sin embargo, en comunidades como el caso de Palacio San Francisco, es común encontrar las letrinas utilizándose para la crianza de animales menores (PDOT, 2015).

1.2.3.1 Entidades de control del recurso hídrico

Secretaría del agua

La Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA) tiene la finalidad de conducir y regir los procesos de gestión de los recursos hídricos nacionales de una manera integrada y sustentable en los ámbitos de cuencas hidrográficas. Fue creada mediante Decreto Ejecutivo 1088 del 15 de mayo del 2008, el mismo que entró en vigencia el 27 de mayo, con su publicación en el Registro Oficial N° 346 (Secretaría del agua).

Se reconoce el carácter y el valor intrínsecos del agua al jerarquizar su gestión al más alto nivel institucional, viabilizando una conducción integral y coordinadora de este patrimonio natural en bien de su propia conservación.

Agencia de Regulación y Control del Agua

La Agencia de Regulación y Control del Agua tiene como objetivo principal, ejercer la regulación y control de la gestión integral e integrada de los recursos hídricos, de la cantidad y calidad de agua en sus fuentes y zonas de recarga, calidad de los servicios públicos relacionados al sector agua y en todos sus usos y aprovechamientos (Agencia de Regulación y Control del Agua).

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

Es el Servicio Meteorológico e Hidrológico Nacional del Ecuador creado por Ley, como una necesidad y un derecho fundamental de la comunidad, con capacidad y la obligación de suministrar información vital sobre el tiempo, el clima y los recursos hídricos del pasado, presente y futuro, que necesita conocer el país para la protección de la vida humana y los bienes materiales (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología).

Es un organismo técnico que en el contexto nacional está adscrito a la Secretaría de Gestión de Riesgos; con personal técnico y profesional especializado en Meteorología e Hidrología, que contribuye al desarrollo económico y social del país.

Ministerio del Ambiente del Ecuador

Es la autoridad *ambiental* del Ecuador, que ejerce el rol rector de la gestión ambiental, que permita garantizar un ambiente sano y ecológicamente equilibrado con el objetivo de hacer del

país, una nación que conserva y usa sustentablemente su biodiversidad, mantiene y mejora su calidad ambiental, promoviendo el desarrollo sustentable y la justicia social, reconociendo al agua, suelo y aire como recursos naturales estratégicos (Ministerio del Ambiente).

Juntas de riego y drenaje

Son organizaciones comunitarias sin fines de lucro que tienen por finalidad la prestación del servicio de riego y/o drenaje, bajo criterios de equidad, solidaridad, interculturalidad, eficiencia económica, sostenibilidad del recurso hídrico, calidad en la prestación del servicio y en la distribución del agua (Secretaría del Agua).

1.3 Marco Legal

1.3.1 Política pública para la gestión de recursos hídricos en el Ecuador

Constitución de la República del Ecuador

Publicada en el Registro Oficial N° 449 del lunes 20 de octubre de 2008.

Sección Segunda, Ambiente Sano.

Art. 12.-El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, “Sumak Kawsay”. Art. 15.- El estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.

Título V, Organización Territorial del Estado

Art.263.- Los gobiernos provinciales tendrán las siguientes competencias exclusivas, sin perjuicio de las otras que determine la Ley:

3. Ejecutar, en coordinación con el gobierno regional, obras en cuencas y micro cuencas.

6. Fomentar las actividades productivas provinciales.

Art.264.-Los gobiernos municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley:

2. Ejercer el control sobre el uso y ocupación del suelo en el cantón.

4. Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley.

12. Regular, autorizar y controlar la explotación de materiales áridos y pétreos que se encuentren en los lechos de los ríos, lagos, playas de mar y canteras.

Art. 314.- Se asigna al Estado la responsabilidad de la provisión de los servicios públicos de agua potable y de riego para lo cual dispondrá que sus tarifas sean equitativas y establecerá su control y regulación. La misma norma determina que el Estado fortalecerá la gestión y funcionamiento de las iniciativas comunitarias en torno a la gestión del agua y la prestación de los servicios públicos mediante el incentivo de alianzas entre lo público y comunitario para la prestación de servicios;

Art.318.- El agua es patrimonio nacional estratégico de uso público, dominio inalienable e imprescriptible del Estado, y constituye un elemento vital para la naturaleza y para la existencia de los seres humanos. Se prohíbe toda forma de privatización del agua.

La gestión del agua será exclusivamente pública o comunitaria. El servicio público de saneamiento, el abastecimiento de agua potable y el riego serán prestados únicamente por personas jurídicas estatales o comunitarias.

El Estado fortalecerá la gestión y funcionamiento de las iniciativas comunitarias en torno a la gestión del agua y la prestación de los servicios públicos, mediante el incentivo de alianzas entre lo público y comunitario para la prestación de servicios.

El Estado, a través de la autoridad única del agua, será el responsable directo de la planificación y gestión de los recursos hídricos que se destinarán a consumo humano, riego que garantice la soberanía alimentaria, caudal ecológico y actividades productivas, en este orden de prelación. Se requerirá autorización del Estado para el aprovechamiento del agua con fines productivos por parte de los sectores público, privado y de la economía popular y solidaria, de acuerdo con la ley.

Sección Sexta, Agua

Art. 411.-El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua.

La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua.

Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA)

Art. 7.- Cuenca hidrográfica y principio de unidad de cuenca en la gestión de las Demarcaciones Hidrográficas- La Secretaría del Agua aprobará la delimitación concreta de las cuencas hidrográficas y su posible agrupación, a efectos de planificación hídrica y gestión del agua, así como para la atribución de las aguas subterráneas a la cuenca que corresponda, en Demarcaciones Hidrográficas.

Art. 22.- Usuarios y Organizaciones de Usuarios: Principios Generales- Es usuario todo titular de una autorización de uso o aprovechamiento productivo del agua. No tienen el carácter de usuaria los consumidores de los servicios vinculados al agua, prestados por los Gobiernos Autónomos Descentralizados; o los integrantes de las Juntas de Abastecimiento de Agua Potable o de las Juntas de Riego.

Art. 25.- Naturaleza de los Consejos de Cuenca- Los Consejos de Cuenca son órganos colegiados de carácter consultivo, liderados por la Secretaría del Agua integrados por los representantes electos de las organizaciones de usuarios, con la finalidad de participar en la formulación, planificación, evaluación y control de los recursos hídricos en la respectiva cuenca.

Art. 26.- Clases- Habrá Consejos de Cuenca con ámbito de Unidad de Planificación Hidrográfica Local, y Consejos de Cuenca con ámbito de Demarcación Hidrográfica.

La Secretaría del Agua será la encargada de gestionar el financiamiento para el funcionamiento y organización de los Consejos de Cuenca, cumpliendo con una programación anual.

Art. 27.- Composición de los Consejos de Cuenca con ámbito de Unidad de Planificación Hidrográfica Local- Los Consejos de Cuenca con ámbito de Unidad de Planificación Hidrográfica

Local tendrán la siguiente composición: Las organizaciones que deban elegir representantes respetarán el principio de participación igualitaria, interculturalidad, plurinacionalidad, multiétnica, respeto de las diferencias; y durará dos años pudiendo ser reelegidos por una sola vez.

Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua

Artículo 8.- Gestión integrada de los recursos hídricos.

La Autoridad Única del Agua es responsable de la gestión integrada e integral de los recursos hídricos con un enfoque ecosistémico y por cuenca o sistemas de cuencas hidrográficas, la misma que se coordinará con los diferentes niveles de gobierno según sus ámbitos de competencia.

Cuando los límites de las aguas subterráneas no coinciden con la línea divisoria de aguas superficiales, dicha delimitación incluirá la proyección de las aguas de recarga subterráneas que fluyen hacia la cuenca delimitada superficialmente.

La Autoridad Única del Agua aprobará la delimitación concreta de las cuencas hidrográficas y su posible agrupación a efectos de planificación y gestión, así como la atribución de las aguas subterráneas a la cuenca que corresponda. La gestión integrada e integral de los recursos hídricos será eje transversal del sistema nacional descentralizado de planificación participativa para el desarrollo

Artículo 12.- Protección, recuperación y conservación de fuentes. El Estado, los sistemas comunitarios, juntas de agua potable y juntas de riego, los consumidores y usuarios, son corresponsables en la protección, recuperación y conservación de las fuentes de agua y del manejo de páramos, así como la participación en el uso y administración de las fuentes de aguas que se hallen en sus tierras, sin perjuicio de las competencias generales de la Autoridad Única del Agua de acuerdo con lo previsto en la Constitución y en esta Ley.

Art.13.- Formas de conservación y protección de fuentes de agua. Constituyen formas de conservación y protección de fuentes de agua: las servidumbres de uso público, zonas de protección hídrica y las zonas de restricción.

Art. 18 literal i). - Competencias y atribuciones de la Autoridad Única del Agua, “Otorgar personería jurídica a las Juntas Administradoras de Agua Potable y a las Juntas de Riego y Drenaje”.

Art. 21. Agencia de Regulación y Control del Agua.

La Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA), es un organismo de derecho público, de carácter técnico-administrativo, adscrito a la Autoridad Única del Agua, con personalidad jurídica, autonomía administrativa y financiera, con patrimonio propio y jurisdicción nacional.

La Agencia de Regulación y Control del Agua, ejercerá la regulación y control de la gestión integral e integrada de los recursos hídricos, de la cantidad y calidad de agua en sus fuentes y zonas de recarga, calidad de los servicios públicos relacionados al sector agua y en todos los usos, aprovechamientos y destinos del agua.

Artículo 28.- Planificación de los Recursos Hídricos.

Corresponde a la Autoridad Única del Agua la ejecución de la planificación hídrica, sobre la base del Plan Nacional de Recursos Hídricos y Planes de Gestión Integral de Recursos Hídricos por cuenca hidrográfica.

El Estado y los Gobiernos Autónomos Descentralizados deberán sujetarse a la planificación hídrica en lo que respecta al ejercicio de sus competencias. Igualmente, los planes de gestión integral de recursos hídricos por cuenca, vincularán a las entidades dedicadas a la prestación de servicios comunitarios relacionados con el agua.

Artículo 34.- Gestión integrada e integral de los recursos hídricos. La Autoridad Única del Agua es responsable de la gestión integrada e integral de los recursos hídricos con un enfoque ecosistémico y por cuenca o sistemas de cuencas hidrográficas, la misma que se coordinará con los diferentes niveles de gobierno según sus ámbitos de competencia.

Art. 43.- “Las Juntas Administradoras de Agua Potable y Saneamiento, son organizaciones comunitarias sin fines de lucro que tienen la finalidad de prestar servicios públicos de agua potable en las comunidades rurales”.

Art. 47.- “Las Juntas de Riego, son organizaciones comunitarias sin fines de lucro que tienen por finalidad la prestación del servicio de riego y drenaje, bajo criterios de eficiencia económica, calidad en la prestación del servicio y equidad en la distribución del agua...”

Artículo 59.- Cantidad vital y tarifa mínima. La Autoridad Única del Agua establecerá de conformidad con las normas y directrices nacionales e internacionales, la cantidad vital de agua

por persona, para satisfacer sus necesidades básicas y de uso doméstico, cuyo acceso configura el contenido esencial del derecho humano al agua.

Artículo 60.- Libre acceso y uso del agua. El derecho humano al agua implica el libre acceso y uso del agua superficial o subterránea para consumo humano, siempre que no se desvíen de su cauce ni se descarguen vertidos ni se produzca alteración en su calidad o disminución significativa en su cantidad ni se afecte a derechos de terceros y de conformidad con los límites y parámetros que establezcan la Autoridad Ambiental Nacional y la Autoridad Única del Agua. La Autoridad Única del Agua mantendrá un registro del uso para consumo humano del agua subterránea.

Artículo 74.- Conservación de las prácticas de manejo del agua. Se garantiza la aplicación de las formas tradicionales de gestión y manejo del ciclo hidrológico, practicado por comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades indígenas, afro ecuatorianas y montubio y se respetan sus propias formas, usos y costumbres para el reparto interno y distribución de caudales autorizados sobre el agua.

Artículo 140.- Tarifa por suministro de agua cruda para consumo humano y doméstico. La entrega de la cantidad mínima vital de agua cruda establecida por la Autoridad Única del Agua para la provisión de servicios de agua potable no estará sujeta a tarifa alguna

Cuando el volumen que se entregue a los prestadores del servicio exceda de la cantidad mínima vital determinada, se aplicará la tarifa que corresponda, conforme con lo estipulado en esta Ley y su Reglamento.

Artículo 141.- Tarifa por autorización de uso de agua para riego que garantice la soberanía alimentaria. Los criterios para fijación de la tarifa hídrica volumétrica del agua para riego que garantice la soberanía alimentaria, son los siguientes:

- a) Volumen utilizado;
- b) Cantidad de tierra cultivada y tipo de suelo; y,
- c) Contribución a la conservación del recurso hídrico.

Se exceptúan del pago de esta tarifa los sistemas comunitarios portadores de derechos colectivos y los prestadores comunitarios de servicios que reciben caudales inferiores a cinco litros por segundo y que están vinculados a la producción para la soberanía alimentaria.

Artículo. 149.- Competencia sancionatoria. El conocimiento y sanción de las infracciones a las disposiciones de esta Ley o su Reglamento, siempre que el acto no constituya delito o contravención, son competencia de la Autoridad Única del Agua y de la Agencia de Regulación y Control, en la forma establecida en esta Ley y en su Reglamento. En aquellas infracciones que de conformidad con esta Ley deban ser determinadas por la Autoridad Ambiental Nacional o por la Autoridad Nacional de Salud, se requerirá su resolución en firme, en el procedimiento administrativo común, antes de dictar la sanción por parte de la Autoridad Única del Agua o la Agencia de Regulación y Control, según corresponda.

Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial Uso y Gestión de Suelo

Art.16.- Suelo. El suelo es el soporte físico de las actividades que la población lleva a cabo en búsqueda de su desarrollo integral sostenible y en el que se materializan las decisiones y estrategias territoriales, de acuerdo a las dimensiones social, económica, cultural y ambiental.

Art.21.- Uso. El uso es la destinación asignada al suelo, conforme con su clasificación y subclasificación, previstas en esta Ley. Los usos serán determinados en los respectivos planes de uso y gestión de suelos y en sus instrumentos complementarios.

Plan Nacional de Desarrollo (2017-2021). Toda una vida.

Objetivo 1: Garantizar una vida digna con iguales oportunidades para todas las personas.

Política 1.16.- Promover la protección de los derechos de usuarios y consumidores de bienes y servicios.

Política 1.17.- Garantizar el acceso, uso y aprovechamiento justo, equitativo y sostenible del agua; la protección de sus fuentes; la universalidad, la disponibilidad y calidad de consumo humano, saneamiento para todos y el desarrollo de sistemas integrales de riego.

Objetivo 3: Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones.

Política 3.3.- Precautelar el cuidado del patrimonio natural y la vida humana por sobre el uso y aprovechamiento de recursos naturales no renovables.

Política 3.4.- Promover buenas prácticas que aporten a la reducción de la contaminación, la conservación, la mitigación y la adaptación a los efectos del cambio climático, e impulsar las mismas en el ámbito global.

Norma de Calidad Ambiental, Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA); Recurso Agua, Libro VI Anexo 1.

Es la norma ambiental ecuatoriana que establece los límites máximos permisibles, disposiciones y prohibiciones para descargas en los cuerpos de agua y/o sistema de alcantarillado.

Muestra métodos y procedimientos para determinar y mitigar la presencia de contaminantes en un cuerpo de agua.

Presenta criterios de calidad del agua de acuerdo a su uso.

CAPÍTULO II

2. METODOLOGIA

La investigación se realizó en época lluviosa con la finalidad de conocer la huella hídrica de la microcuenca del Río Blanco, analizando cinco sectores claves dentro del territorio, la cual es de tipo descriptiva por lo que fue necesario realizar un trabajo en conjunto con la sociedad.

2.1 Fase I: Alcance de evaluación de la Huella Hídrica

2.1.1 Recopilación de información

La metodología utilizada para la recopilación de información se basó en los lineamientos establecidos por la guía metodológica para la evaluación de la huella hídrica en una cuenca hidrográfica del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA, 2017: p.16).

Para la obtención de información en esta investigación se desarrollaron directamente visitas en toda la microcuenca del río Blanco, que se realizaron en conjunto con un representante de la Empresa Eléctrica de Riobamba EERSA, asegurando una relación directa con los pobladores del sector para así poder presenciarlas actividades antropogénicas generadas en el lugar.

Las técnicas de recolección de datos empleadas fueron:

Sustentación con técnicas de investigación de grupos focales

Entrevistas (en profundidad y semi estructuradas) a través de la observación,

- Recolección de información y participación comunitaria
- Investigación documentada.
- Para el análisis y la interpretación de los resultados obtenidos en grupos focales y entrevistas se utilizó el método analítico.

2.1.1.1 Puntos de monitoreo

Posterior al recorrido de la microcuenca del Río Blanco, desde su punto de nacimiento hasta su desembocadura, se seleccionaron 9 puntos de interés, comprendidos entre zonas altas, medias y

bajas mismos que fueron: Zoila Martínez, Verdepamba (quebrada Tianca), Desembocadura al Collantes, Chañag San Miguel, Releche, Chañag San Francisco, Candelaria, Tarau y el Empate Río Chambo

En visitas de campo a cada uno de los puntos se descartó 4 de estos, tomando en cuenta las características de la microcuenca.

De acuerdo a las consideraciones expuestas y mediante el empleo del procedimiento probabilístico denominado muestreo aleatorio simple los puntos de monitoreo fueron 5, los cuales se detallan en la Tabla 1-2.

Tabla 1-2: Ubicación de los puntos de monitoreo

PUNTOS DE MONITOREO	
Nº	DESCRIPCIÓN
1	Zoila Martínez (Bocatoma)
2	Tarau
3	Candelaria
4	Releche
5	Empate Río Chambo

Realizado por: Chacha Jessica; Costa Denisse, 2018

2.1.1.2 Selección de la muestra

Para la selección de la muestra, el levantamiento de información base de la población fue obtenida del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Químiag (PDOT, 2016) y el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Rural de Candelaria 2016.

Para conocer el número de habitantes a ser entrevistados se aplicó la siguiente fórmula:

Ecuación 1-2: Tamaño de la muestra

$$n = \frac{N * Z_c^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_c^2 * p * q}$$

Donde:

n =Tamaño de la muestra

N= Población

Z_c= Nivel de confianza (1,96)

p= Probabilidad de éxito (0.05)

q= Probabilidad de fracaso (0.95)

d= error máximo admisible (0.05)

Una vez determinado el tamaño de la muestra se realizaron entrevistas (en profundidad y semi estructuradas) para conocer las actividades que se generan en el área y en el uso del recurso hídrico.

2.1.2.3 Muestreos

Muestreo de agua

El tipo de muestreo utilizado fue el muestreo simple o puntual; las muestras de agua fueron recolectadas en los diferentes puntos seleccionados de la microcuenca del río Blanco. Para los análisis físico-químicos se tomaron muestras de 1L de agua en botellas de plástico y para los análisis microbiológicos se tomaron en frascos estériles de 100 ml.

Los análisis se realizaron para conocer la calidad del agua del río tomando en cuenta cada una de las actividades presentes en la población y área de influencia.

Tabla 2-2: Parámetros fisicoquímicos caracterizados

Parámetros	Análisis
Turbiedad	Laboratorio
Coliformes	Laboratorio
DBO5	Laboratorio
DQO	Laboratorio
Nitritos	Laboratorio
Nitratos	Laboratorio
Oxígeno disuelto	Laboratorio
Nitrógeno amoniacal	Laboratorio
Aceites y grasas	Laboratorio
Ph	In situ
Temperatura	In situ

Realizado por: Chacha Jessica; Costa Denisse, 2018

Caudal

Para la medición del caudal se empleó el método del flotador, en el cual de acuerdo a Valencia (2014) se debe delimitar un tramo del río, el cual debe ser en lo posible lo más recto y sin curvas para que el viento no interfiera en la velocidad de este, tomando en consideración esto se midió una distancia de 10 metros y como flotador se utilizaron pelotas de plástico, realizándose así 6 repeticiones en cada punto de muestreo.

Ecuación 2-2: Velocidad media

$$Vm = \frac{d}{t_p}$$

Fuente: (Valencia, 2014: p.11)

Donde:

Vm= velocidad media (m/s).

- d= distancia (m).
- t_p= tiempo promedio (s).

Para la profundidad media se tomaron en cuenta algunos puntos de medida en el ancho del río, con estos datos obtenidos se sacó un promedio para luego hacer el cálculo del área transversal.

Ecuación 3-2: Área transversal

$$At = a \times h_m$$

Fuente: (Valencia, 2014: p.13)

Donde:

At= área transversal (m²)

- a= ancho del río (m).
- h_m= profundidad media (m).

Y por último para el cálculo del caudal

Ecuación 4-2: Caudal

$$Q = At \times Vm$$

Fuente: (Valencia, 2014: p.7)

Donde:

Q= caudal (m³/s).

- At= área transversal (m²).
- Vm= velocidad media (m/s).

Muestreo de suelo

Las muestras de suelo se tomaron en los 5 puntos de muestreo mencionados anteriormente, los parámetros que se analizaron fueron los principales que establece la guía metodología de la FAO, indispensable para el cálculo en el programa CROPWAT 8.0.

Para la recolección de las muestras de suelo se utilizó un muestreo simple en cada uno de los puntos. De acuerdo al Ministerio del Ambiente, 2014 para suelos agrícolas, la profundidad en la que se debe hacer el muestreo es de 0 a 30cm, para esto la profundidad considerada fue de 30 cm, recolectando 1 Kg por muestra y sellándolas en fundas ziplog. Los parámetros analizados en el suelo se evidencian en la tabla 3-2.

Tabla 3-2: Parámetros físicos del suelo

Parámetros	Análisis
Humedad	Laboratorio
Textura	Laboratorio

Realizado por: Chacha Jessica; Costa Denisse (2018)

Infiltración

Para el cálculo de la infiltración se usó un infiltrómetro de un anillo, el cual de acuerdo a Alvarado (2016) para implementarlo, el suelo no debe tener pendiente y debe estar libre de piedras, ramas o plantas que interfieran en los resultados; luego de limpiar el terreno se colocó el infiltrómetro en el suelo a una profundidad de 10cm y se procedió a llenar el anillo para después tomar las mediciones cada 5 minutos del descenso del agua hasta que el suelo se sature.

Ecuación 5-2: Velocidad de infiltración

$$R = \frac{\Delta N}{t}$$

Donde:

R: velocidad de infiltración (mm/d)

- ΔN: variación de altura del agua (mm)

- t: tiempo parcial (d)

2.2 Fase II: Cuantificación de la Huella Hídrica

2.2.1 Sector Agrícola

Para la estimación de la HH en el sector agrícola se utilizó el software CROPWAT 8.0 el cual permite conocer el requerimiento de agua que necesita cada cultivo por medio de la evapotranspiración, tomando en cuenta que no toda el agua de riego es evapotranspirada por los cultivos, gran parte de esta será drenada, los datos a utilizar para el cálculo fueron los siguientes:

Datos climáticos de la microcuenca

Los datos climáticos de la zona de estudio fueron adquiridos por el programa CLIMWAT 2.0 que es una extensión que permite obtener datos de las estaciones meteorológicas, en este caso de la estación Agrometeorológica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En la Tabla 4-2 se observan los datos climáticos que se requirieron para el programa CROPWAT 8.0.

Tabla 4-2: Datos climáticos de la microcuenca

DATOS CLIMATICOS	UNIDADES
Temperatura	°C
Humedad	%
Viento	Km/día
Insolación	Horas
Precipitación	Mm

Realizado por: Chacha Jessica; Costa Denisse (2018)

Uso del suelo

Cultivo

Mediante la información de los PDOT de las parroquias Químiag y Candelaria en las que se encuentra ubicada la microcuenca del río Blanco se determinó la distribución agrícola de los suelos con la finalidad de conocer cuáles son los cultivos más representativos de la zona, los cuales se encuentran ubicados en la Tabla 5-2.

Tabla 5-2: Cultivos más representativos de la microcuenca del río Blanco

Maíz
Pasto
Papas
Habas

Realizado por: Chacha Jessica; Costa Denisse (2018)

Una vez determinado los cultivos que se van a manejar, las variables a tomar a consideración en el CROPWAT 8.0 fueron las detalladas en la tabla 6-2.

Tabla 6-2: Variable de cultivo

VARIABLE	ELEMENTO
Fecha siembra y cosecha del cultivo	Calendario agrícola
Coefficiente del cultivo Kc	Kc inicial, medio y final
Profundidad radicular	cm de raíz
Agotamiento crítico	Variación de 0,4 a 0,6
Factor de respuesta del rendimiento	Específico para cada cultivo
Altura del cultivo	Cm

Realizado por: Chacha Jessica; Costa Denisse (2018)

En los cultivos habitualmente se distinguen cuatro fases necesarias para establecer el valor de Kc, éstas difieren dependiendo de las características del cultivo, estos coeficientes se establecieron mediante el estudio de la FAO sobre riego y drenaje, pero para que estos sean más representativos de la zona de estudio se utilizaron las siguientes ecuaciones.

Coefficiente del cultivo en la etapa inicial

Ecuación 6-2: Coeficiente del cultivo en la etapa inicial

$$Kc\ ini = Kc\ ini_{(fig\ 29)} + \frac{(I - 10)}{(40 - 10)} [Kc\ ini_{(fig\ 30)} - Kc\ ini_{(fig\ 29)}]$$

Fuente: (FAO, 2006: p.95)

Donde:

Kc ini (fig29): Valor del coeficiente del cultivo en la etapa inicial Kc ini proviene de la figura 29 de la FAO

- Kc ini (fig30): Valor de Kc ini proviene de la figura 30 de la FAO
- I: lámina infiltrada promedio [mm].

Coeficiente del cultivo en la etapa media

Ecuación 7-2: Coeficiente del cultivo en la etapa media

$$Kc\ med = Kc\ med\ (cua) + [0.04 (\mu_2 - 2) - 0.004 (HR_{min} - 45)] \left(\frac{h}{3}\right)^{0.3}$$

Fuente: (FAO, 2006: p.96)

Donde:

Kcmed (cua): Valor del coeficiente de cultivo en etapa media Kcmed obtenida del cuadro 12 de coeficientes de cultivo (Kc) de la FAO

- μ_2 : Valor medio diario de la velocidad del viento [ms^{-1}],
- HRmin: Valor medio diario de humedad relativa mínima [%],
- H: Altura media de las plantas [m]

Coeficiente del cultivo en la etapa final

Ecuación 8-2: Coeficiente del cultivo en la etapa final

$$Kc\ fin = Kc\ fin(Cua) + [0.04(u_2 - 2) - 0.004(HR_{min} - 45)] \left(\frac{h}{3}\right)^{0.3}$$

Fuente: (FAO, 2006: p.97)

Donde:

Kcfin (Cua): Valor de Kcfin obtenida del cuadro 12 de coeficientes de cultivo (Kc) de la FAO,

- μ_2 : Valor medio diario de la velocidad del viento [ms^{-1}],
- HRmin: Valor medio diario de humedad relativa mínima [%],
- H: Altura media de las plantas [m]

Fecha de siembra y cosecha

La fecha de siembra y cosecha va a depender del tipo de cultivo, las características y el clima del lugar, es por este motivo que la experiencia de los pobladores fue determinante en el levantamiento de información de este parámetro.

Profundidad radicular y altura de las plantas

La profundidad radicular de un cultivo es la capacidad que tiene este para aprovechar el agua del suelo, para establecer esta profundidad se seleccionó el cultivo de interés, es decir los que más se producen en la zona: como pasto, maíz, papa y habas y se procedió a desenterrar la planta para medir la raíz y la altura de la misma.

Fracción de agotamiento crítico y respuesta de rendimiento

Todos estos datos se obtuvieron del estudio de la FAO sobre el riego y drenaje los cuales se encuentran ubicados en tablas específicas.

Suelo

Las salidas de campo permitieron a obtener información relevante sobre el suelo de la microcuenca, información necesaria para la aplicación en el software CROPWAT. Las variables estudiadas se encuentran detalladas en la tabla 7-2.

Tabla 7-2: Variables edáficas

VARIABLE	ELEMENTO
Agua disponible total	cm/cm
Tasa máxima de infiltración	Valor del suelo en saturación
Profundidad radicular máxima	Profundidad de los perfiles del suelo
Agotamiento inicial de la humedad del suelo	<ul style="list-style-type: none">• 0% para cultivos en meses húmedos• 50% para meses secos.

Realizado por: Chacha Jessica; Costa Denisse (2018)

2.2.1.1 Huella Hídrica Verde Agrícola

La Huella verde agrícola permite conocer el volumen de agua evapotranspirada que proviene de la precipitación almacenada en el suelo.

Ecuación 9-2: Evapotranspiración verde

$$ET_{verde} = \min(\text{Requerimiento hidrico de cultivo}, \text{Precipitacion efectiva})$$

Fuente: (IICA, 2017: p.28)

Una vez obtenido el resultado se hace una conversión de mm a m³/ha y se procedió a dividir este valor con el rendimiento de cada cultivo, este dato se lo obtuvo del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y del Ministerio de Agricultura del Ecuador mediante la siguiente formula:

Ecuación 10-2: Huella Hídrica verde para el sector agrícola

$$H \text{ Verde Agrícola} = \frac{AUC \text{ verde}}{Y}$$

Fuente: (IICA, 2017: p.29)

Donde:

- H Verde Agrícola: Huella Hídrica Verde del cultivo (m³/t).
- AUC verde: agua utilizada por el cultivo (m³/ha).
- Y: Rendimiento del cultivo (t/ha).

2.2.1.2 Huella Hídrica Azul Agrícola

La HH azul agrícola es el volumen de agua evapotranspirada que proviene de fuentes de agua superficial o subterránea, la cual ha sido utilizada para el riego de los cultivos.

Ecuación 11-2: Evapotranspiración azul

$$ET_{Azul} = \min(\text{Riego neto total}, \text{Requerimiento de riego})$$

Fuente: (IICA, 2017: p.28)

El requerimiento de riego para cada cultivo se obtuvo de la diferencia del requerimiento de agua del cultivo y la precipitación efectiva.

Ecuación 12-2: Requerimiento de riego

Requerimiento de riego = Requerimiento agua de cultivo – Precipitación efectiva

Fuente: (IICA, 2017: p.28)

Posteriormente se siguió el mismo procedimiento de la HH verde:

Ecuación 13-2: Huella Hídrica azul agrícola

$$\mathbf{H\ Azul\ Agrícola} = \frac{\mathbf{AUC\ azul}}{\mathbf{Y}}$$

Fuente: (IICA, 2017: p.29)

Donde:

- H Azul Agrícola: Huella Hídrica Azul del cultivo (m³/t).
- AUC azul: Agua utilizada por el cultivo (m³/ha).
- Y: Rendimiento del cultivo (t/ha).

2.2.1.3. Huella Hídrica Gris Agrícola

La huella hídrica gris se aplica al sector agrícola debido a las fuentes difusas y puntuales: fuentes de contaminación difusa (fertilizantes y agroquímicos) y fuentes de contaminación puntuales, vertimientos puntuales de procesos productivos (IICA, 2017).

Para calcular esta huella se tomó como referencia la contaminación del agua a causa de los fertilizantes que utilizan los pobladores, especialmente del nitrato y las cargas máximas permisibles se establecieron mediante el TULSMA libro VI anexo 1.

Ecuación 14-2: Huella Hídrica gris agrícola

$$\mathbf{HH\ Gris\ A} = \frac{\mathbf{AR\ x\ \alpha}}{\mathbf{\frac{C_{max} - C_{nat}}{Y}}}$$

Fuente: (IICA, 2017: p.30)

Donde:

- HH gris: Huella hídrica gris de un proceso específico (m³/año o m/mes)
- AR: Cantidad aplicada de fertilizante por hectárea (kg/ha).

- α : fracción de escorrentía del producto expresada en % (10%).
- C_{max} : concentración máxima permisible del contaminante en el agua (kg/m^3)
- C_{nat} : Concentración natural del contaminante en el agua. (kg/m^3)
- Y = rendimiento del cultivo (t/ha)

2.2.2 Sector Pecuario

La HH pecuaria parte de la HH agrícola porque se toma en cuenta el alimento de los animales siempre que estos sean cultivados en la zona de la microcuenca, para esto la información de los cultivos y los mapas de uso y cobertura del suelo son necesarios

Una de las actividades principales de la microcuenca es la ganadería y de acuerdo a los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Químiag y Penipe las poblaciones más representativas son bovinos y ovinos.

Ecuación 15-2: Huella hídrica pecuaria

$$HH \text{ pecuaria} = (HH_{\text{alimento}} + HH_{\text{consumo}} + HH_{\text{servidumbre}})$$

Fuente: (Arevalo et al., 2013: p.28)

Donde:

- HH alimento: corresponde a los pastos que se utiliza de alimento
- HH consumo: volumen de agua que consumen los animales
- HH servidumbre: agua utilizada en el aseo de establos

Hay que tener una relación directa con las huellas de otros sectores, es decir la Huella Hídrica del sector pecuario considera:

Ecuación 16-2: Huella hídrica pecuaria

$$HH \text{ pecuaria} = HH \text{ Verde } P + HH \text{ Azul } P + HH \text{ Gris } P$$

Fuente: (Arevalo et al., 2013: p.28)

Donde:

- HH verde P = Huella Hídrica del alimento

- HH azul P = Huella Hídrica del consumo
- HH gris P = Huella Hídrica de servidumbre

2.2.2.1. Huella Verde Pecuaria

El número de bovinos y ovinos en la microcuenca se determinó en función de la capacidad de carga animal, es decir el número cabezas de ganado por hectárea de pastos en cada sector; esta relación se efectuó en función de la ecuación 17-2 (Arevalo et al., 2013: p.84).

Ecuación 17-2: Capacidad de carga animal

$$CC = \frac{\# \text{Cganado}}{A \text{ pastos}}$$

Fuente: (Arevalo et al., 2013: p.84)

Donde:

- CC: Capacidad de carga animal (cabezas/ha)
- # c ganado = Número de cabezas de ganado (cabezas)
- A pastos = Área de pastos por parroquia (ha).

El cálculo de huella hídrica verde del alimento (pasto) se realizó siguiendo el mismo procedimiento que en cultivos por medio del CROPWAT 8.0.

De esta forma se obtiene el contenido de agua verde en m³/t, considerando los pastos cultivados en la microcuenca, para obtener el valor de consumo de agua verde en m³; es necesario multiplicar por el requerimiento de materia seca por animal.

El requerimiento de masa seca por animal se calcula en función de la ecuación 18-2.

Ecuación 18-2: Requerimiento de materia seca

$$RMS = \frac{\text{peso av} \times 2.7\%}{100\%}$$

Fuente: (Arevalo et al., 2013: p.85)

Donde:

- RMS = Requerimiento de materia seca por animal (kg/ animal x día)
- Peso av = promedio del peso de animal vivo
- 2.7% de requerimiento de materia seca en relación al peso total del animal

2.2.2.2. Huella Hídrica Azul Pecuaria

Esta huella corresponde al agua consumida por los animales, para el cual se requirió conocer los datos de consumo de agua que tiene cada animal por día.

De acuerdo a Duarte (2013) un bovino adulto consume de 8-10% de su peso en agua, para ganado se estima un valor de 3-5 litros de agua por cada kg de materia seca (MS) consumida; estos valores se utilizaron para el cálculo de la Huella Hídrica Azul en (m³).

2.2.2.3. Huella Hídrica Gris Pecuaria

Este caso es similar a la Huella gris agrícola y además se considera los contaminantes excretados por las heces y la orina de los animales especialmente su contenido de nitrógeno.

2.2.3 Sector Doméstico

Para el cálculo de la HH doméstica de acuerdo a WWF (2014) se hizo referencia a dos mecanismos, el primero concerniente al abastecimiento de agua directo a través de sistemas públicos como la potabilización del agua, pozos u otros sistemas denominados a estos como agua azul, y estos sistemas al ser consumidos generan una cantidad significativa de aguas residuales (agua gris), el segundo, correspondiente a los bienes y servicios usados por los hogares los cuales generan una huella hídrica.

2.2.3.1. Huella Hídrica Azul Doméstica

Con respecto a la Huella Azul Doméstica se requirió obtener información sobre el consumo de agua dotada por las empresas que proporcionan de este servicio a la población, el cálculo se dio por la sumatoria de la huella en las etapas de potabilización, distribución y consumo.

Ecuación 19-2: Huella Hídrica Azul Doméstica

$$H \text{ Azul Doméstica} = H \text{ Azul PP} + H \text{ Azul D} + H \text{ Azul CON}$$

Fuente: (Lala, 2017: p.60)

Donde:

- *H Azul PP*: Huella azul de la planta de potabilización (m³/ año)
- *H Azul D*: Huella azul de la distribución (m³/ año)
- *H Azul CON*: Huella hídrica azul del consumo (m³/ año)

Ecuación 20-2: Huella hídrica azul de la planta de potabilización

$$H \text{ Azul PP} = Q_{cap} - Q_{e PP}$$

Fuente: (Lala, 2017: p.60)

Donde:

- *Qcap*: Caudal de captación (m³/ año)
- *Qe PP*= Caudal de entrada de la planta potabilizadora (m³/ año)

Para este cálculo el *HH Azul PTAP* se suprimió debido a que la microcuenca no cuenta con una planta potabilizadora, la gente utiliza el agua de vertientes que luego desembocan en el río.

Ecuación 21-2: Huella hídrica azul de la distribución

$$H \text{ Azul D} = 0.1 * Q_{v D}$$

Fuente: (Lala, 2017: p.61)

Donde:

- *Qv D*: Caudal de vertimiento de la distribución (m³/ año)

Ecuación 22-2: Huella hídrica azul del consumo

$$H \text{ Azul CON} = 0.1 * Q_{fac}$$

Fuente: (Lala, 2017: p.61)

Donde:

- *Qfac*: Caudal facturado (m³/ año)

2.2.3.2. Huella Hídrica Gris Doméstica

Para la Huella Gris Doméstica, se determinaron las concentraciones de contaminantes de cada carga como: DBO₅, SST y Nitrógeno total.

Ecuación 23-2: Huella Hídrica Gris Doméstica

$$\mathbf{H\ Gris\ Doméstica = H\ Gris\ PP + H\ Gris\ D + H\ Gris\ CON}$$

Fuente: (Lala, 2017: p.63)

Donde:

- *H Azul PP*: Huella hídrica gris de la planta de potabilización (m³)
- *H Azul D*: Huella hídrica gris de la distribución (m³)
- *HAzul CON*: Huella hídrica gris del consumo (m³)

Ecuación 24-2: Huella hídrica gris del consumo

$$\mathbf{H\ Gris\ CON = H\ Gris\ Des + H\ Gris\ PP}$$

Fuente: (Lala, 2017: p.63)

Ecuación 25-2: Huella Hídrica Gris de la descarga

$$\mathbf{H\ Gris\ Des = \frac{Qv\ Des * Cv\ Des}{Cmax - Cnat}}$$

Fuente: (Lala, 2017: p.64)

Ecuación 26-2: Huella Hídrica Gris de la planta de potabilización

$$\mathbf{H\ Gris\ PP = \frac{Qv\ PP * Cv\ PP}{Cmax - Cnat}}$$

Fuente: (Lala, 2017: p.64)

Donde:

- *H Gris PP*: Huella Hídrica Gris de la planta de potabilización (m³)
- *H Gris Des*: Huella Hídrica Gris de la descarga (m³)
- *Qv Des*: Caudal de vertimiento de la descarga (m³)
- *Cv Des*: Concentración del contaminante vertido de la descarga (m³)

- $Qv PP$: Caudal de vertimiento en la planta de potabilización (m³)
- $Cv PP$: Concentración del contaminante vertido de potabilización (m³)
- $Cmax$: Concentración máxima DBO5
- $Cnat$: Concentración natural de un cuerpo de agua

Ecuación 27-2: Huella hídrica gris de la distribución

$$H \text{ Gris Doméstica} = \frac{Qv D * Cv D}{Cmax - Cnat}$$

Fuente: (Lala, 2017: p.66)

Donde:

- $Qv D$: Caudal de vertimiento de la distribución
- $Cv D$: Concentración del contaminante vertido de la distribución
- $Cmax$: Concentración máxima DBO5
- $Cnat$: Concentración natural de un cuerpo de agua

2.2.4 Sector Industrial

Para calcular la HH industrial fue necesario conocer los valores de uso del agua de la empresa, y si estos no fueron facilitados se utilizarían datos estadísticos del sector.

2.2.4.1. Huella Hídrica Azul Industrial

La Huella Azul Industrial es la diferencia entre el volumen de agua total consumida y el volumen de agua total de descarga.

Ecuación 28-2: Huella Hídrica Azul Industrial

$$H \text{ Azul Industrial} = \text{Afluente} - \text{Efluente}$$

Fuente: (IICA, 2017: p.31)

Donde:

- H Azul Industrial: Huella Hídrica Azul Industrial (m³/año).
- Afluente: Volumen de agua destinada a las actividades industriales (m³/año).
- Efluente: Volumen de agua descargada posterior a su utilización (m³/año).

2.2.4.2 Huella Hídrica Gris Industrial

Para este apartado se consideró cada contaminante que se ha encontrado en este caso el de aceites y grasas.

Ecuación 29-2: Huella Hídrica Gris Industrial

$$\mathbf{H\ Gris\ Industrial} = \frac{(Q_v * C_{con} - Q_{en} * C_{en})}{C_{ref} - C_{nat}}$$

Fuente: (IICA, 2017: p.31)

Donde:

- H Gris Industrial: Huella Hídrica Gris Industrial (m³/año).
- Q_v: caudal vertido (m³/año).
- C_{con}: concentración del contaminante aceites y grasas (mg/L).
- Q_{en}: caudal de entrada (m³/año).
- C_{en}: concentración de entrada (mg/L)
- C_{ref}: Concentración referencia (mg/l)
- C_{nat}: Concentración natural de un cuerpo de agua (mg/l)

2.2.5 Sector Energético

Esta huella hídrica se estableció debido a la presencia de la central hidroeléctrica Río Blanco.

2.2.5.1 Huella Hídrica Azul Energética

Esta Huella Hídrica se calculó del volumen de agua evaporada de la represa y de la energía generada.

Ecuación 30-2: Huella Hídrica Azul Energética

$$\mathbf{H\ Azul\ Energética} = \frac{V_{ae}}{E_g}$$

Fuente: (Lala, 2017: p.71)

Donde:

- H Azul Energética: Huella Hídrica Azul energética (m³/GJ).
- Vae: volumen de agua evaporada de la represa (m³).
- Eg: cantidad de energía generada (GJ).

Para calcular el volumen de agua evaporada de la represa Vae se utiliza la siguiente formula:

Ecuación 31-2: Volumen de agua evaporada

$$Vae = 10 (E \times Ar)$$

Fuente: (Lala, 2017: p.72)

Donde:

- E: Evaporación mensual de la represa (m)
- Ar: Área del reservorio (m²)

Para conocer los datos de la evaporación se utilizó el método de evaporación de Thornthwaite, manejado para cuencas.

Ecuación 32-2: Evaporación Thornthwaite

$$E = 16 \left(10 \frac{T}{I} \right)^\alpha$$

Fuente: (Lala, 2017: p.72)

Donde:

- T= temperatura media
- I= Índice de calor anual
- α = exponente dado en función de I

Ecuación 33-2: Índice de calor anual

$$I = 12 * \left(\left(\frac{T}{5} \right)^{1.514} \right)$$

Fuente: (Lala, 2017: p.73)

Ecuación 34-2: α en función de I

$$\alpha = (675 * 10^{-9})I^3 - (771 * 10^{-7})I^2 + (179 * 10^{-4})I + 0,492$$

Fuente: (Lala, 2017: p.73)

2.2.5.2 Huella Hídrica Gris Energético

La Huella Gris Energética se calculó a partir de los valores del caudal de entrada de la hidroeléctrica del río Blanco, de la concentración natural y máxima para el parámetro DQO.

Ecuación 35-2: Huella Hídrica Gris Energético

$$\text{H Gris Energetico} = \frac{(Q_e * C_e)}{C_{\text{max}} - C_{\text{nat}}}$$

Fuente: (Lala, 2017: p.73)

Donde:

- H Gris Energético: Huella Hídrica Gris energética (m³/año).
- Q_e: Caudal de entrada de la hidroeléctrica (l/s)
- C_e: Concentración de entrada de la hidroeléctrica (mg/l)
- C_{max}: Concentración máxima (mg/l)
- C_{nat}: Concentración natural de un cuerpo de agua (mg/l)

2.2.6 Huella Hídrica Total de la Microcuenca del Río Blanco

La huella hídrica total de una microcuenca se calculó mediante la sumatoria de todas las huellas hídricas.

Ecuación 36-2: Huella Hídrica Total

$$\text{HHtotal} = \text{HH Agrícola} + \text{HH Pecuaria} + \text{HH Domestica} + \text{HH Industrial} + \text{HH Energetica}$$

Fuente: (IICA, 2017: p.32)

2.3 Fase III: Análisis de la sostenibilidad de la Huella Hídrica

Una vez determinada la fase II: Cuantificación de la Huella Hídrica, se procedió a realizar el análisis de la sostenibilidad que tuvo como finalidad conocer que tan proporcionado es el recurso hídrico en la microcuenca mediante una evaluación ambiental, económica y social.

2.3.1 Sostenibilidad ambiental

Para el análisis de la sostenibilidad ambiental se consideraron algunos criterios:

$E < 1$; sostenibilidad

$E = 1$; utiliza el agua total

$E > 1$; insostenibilidad

2.3.1.1 Sostenibilidad ambiental de la Huella Hídrica Azul

Este análisis pretendió dar a conocer si se excede la disponibilidad del agua azul para el uso humano mediante la oferta natural y el caudal ecológico. En nuestro país la ejecución del caudal ecológico por parte de la Secretaria del Agua (SENAGUA) y el Ministerio del Ambiente está pendiente, por tal motivo se consideró el reglamento de la Ley de recursos hídricos del Ecuador en el que manifiesta que el caudal ecológico es el 10% del caudal medio mensual multianual.

Disponibilidad de agua azul

Ecuación 37-2: Disponibilidad de agua azul

$$DA_{Azul} = O - Q_{ecologico}$$

Fuente: (IICA, 2017: p.35)

Donde:

- O: Oferta representa la esorrentía natural
- $Q_{ecológico}$: Caudal ecológico

Escasez de agua Azul

Ecuación 38-2: Escasez de agua Azul

$$E_{Azul} = \sum \frac{H_{Azul}}{DA_{Azul}}$$

Fuente: (IICA, 2017: p.35)

Donde:

- H Azul: huella hídrica azul total de la microcuenca y
- DA Azul: Disponibilidad de agua Azul

2.3.1.2 Sostenibilidad ambiental de la Huella Hídrica Verde

Al igual que la sostenibilidad de la huella hídrica azul la huella hídrica verde busca conocer si la disponibilidad de agua es la adecuada para el uso humano.

Disponibilidad de agua verde

La disponibilidad de agua verde se evaluó mediante los flujos evaporativos proveniente de la precipitación.

Ecuación 39-2: Disponibilidad de agua verde

$$DA_{Verde} = ET_{Verde} - ET_{natural} - ET_{No\ prod}$$

Fuente: (IICA, 2017: p.37)

Donde:

- ET_{Verde} : evapotranspiración de la vegetación
- $ET_{natural}$: flujo evaporativo mínimo
- $ET_{No\ prod}$: evapotranspiración que no puede hacerse productiva

Escasez de agua Verde

Ecuación 40-2: Escasez de agua verde

$$E_{Verde} = \sum \frac{H_{Verde}}{DA_{Verde}}$$

Fuente: (IICA, 2017: p.37)

Donde:

- H_{verde} : huella verde total
- DA_{verde} : Disponibilidad de agua verde.

2.3.1.3. Sostenibilidad ambiental de la huella hídrica gris

La sostenibilidad en la Huella Hídrica Gris se calculó mediante el índice de Nivel de Contaminación de agua (NCA), la fórmula aplicada es la siguiente:

Ecuación 41-2: Nivel de Contaminación de Agua

$$NCA = \frac{H_{\text{Gris}}}{R_{\text{real}}}$$

Fuente: (IICA, 2017: p.39)

Donde:

- H_{Gris} : Huella hídrica Gris
- R_{real} : Escorrentía Real

Un nivel de contaminación del agua de uno o superior significa que la capacidad de asimilación del contaminante con mayor Huella Hídrica Gris ha sido alcanzada o excedida, valores inferiores indican que aún el afluente tiene capacidad para asimilar determinados contaminantes.

2.3.2 Sostenibilidad económica

El análisis de sostenibilidad económica permitió conocer la eficiencia económica de cada actividad económica que se genera en la microcuenca.

Agrícola

Para evaluar la productividad aparente del agua azul (APW Azul) se usó la siguiente fórmula.

Ecuación 42-2: Productividad Aparente del agua azul agrícola

$$APW_{\text{azul}} = \frac{\text{precio del mercado del cultivo}}{\text{Huella Hidrica Azul del cultivo}}$$

Fuente: Fuente: (IICA, 2017: p.42)

Para este sector también se calculó la productividad aparente de la tierra (APL) dado en función a las hectáreas cultivadas.

Ecuación 43-2: Productividad Aparente de la tierra

$$\mathbf{APL} = \text{Precio del mercado del cultivo} * \text{Rendimiento}$$

Fuente: (IICA, 2017: p.42)

Donde:

- Productividad aparente de la tierra (\$/ha).
- precio de mercado del cultivo (\$/t)
- rendimiento de un cultivo en una hectárea (t/ha)

Pecuario

La productividad aparente del agua azul (APW Azul) pecuario, se calculó según la ecuación 44-2.

Ecuación 44-2: Productividad Aparente del agua azul pecuaria

$$\mathbf{APWazul} (\$/ha) = \frac{\text{Valor producción de carne } (\$/\text{año})}{\text{Huella Hidrica Azul Pecuaria del cultivo } (m3/\text{año})}$$

Fuente: (Arevalo et al., 2013: p.101)

Para calcular el valor de producción de la carne se debe conocer el precio de mercado de cada ganado en peso vivo por el peso promedio del ganado y por el número de cabezas de ganado.

Energético

La productividad aparente del agua azul se calculó a partir la ecuación 45-2.

Ecuación 45-2: Productividad Aparente del agua azul energético

$$\mathbf{APWazul} (\$/ha) = \frac{\text{Valor producción de energía } (\frac{\$}{\text{año}})}{\text{Huella Hidrica Azul Energético}}$$

Fuente: (Arevalo et al., 2013: p.102)

El valor de producción de la energía se obtiene conociendo el precio del mercado del KWh por la energía que se genera en la central.

El precio del KWh se tomó como referencia 0,1 \$, mismo que fue obtenido de (CONALI, 2017).

Doméstico

Para el sector doméstico la productividad aparente se calculó utilizando la ecuación 46-2.

Ecuación 46-2: Productividad Aparente del agua azul doméstico

$$APW_{\text{azul}} (\$/m^3) = \frac{\text{Valor producción de agua potable (\$/año)}}{\text{Huella Hídrica Azul Doméstico (m}^3\text{/año)}}.$$

Fuente: (Arevalo et al., 2013: p.102)

El valor de producción del agua potable es igual al precio de mercado del m³ por el agua facturada

Industrial

La productividad aparente del agua azul (APW Azul) del sector industrial, se estimó según la ecuación 47-2.

Ecuación 47-2: Productividad Aparente del agua azul industrial

$$APW_{\text{azul}} = \frac{\text{Valor producción de agua potable}}{\text{Huella Hídrica Azul Industrial}}$$

Fuente: (Arevalo et al., 2013: p.102)

2.3.3 Sostenibilidad social

La sostenibilidad social se constituyó como el elemento central de la sostenibilidad integral, debido a que busca principalmente crear y mantener la calidad de vida de las personas.

Al vincular el análisis social a escala microcuencia, existen tres niveles de priorización para la asignación del recurso hídrico: un primer nivel, correspondiente al agua para las funciones de los ecosistemas y necesidades humanas, un segundo nivel asignando el agua a la población en estado de pobreza y finalmente un nivel para las actividades productivas (IWMI, 2007).

Este enfoque aplicado al análisis de Huella Hídrica dotó de elementos para la toma de decisiones sobre la asignación del recurso hídrico en la microcuenca y la identificación de áreas críticas en niveles de calidad de vida directamente relacionada con el recurso hídrico

2.4 Fase IV: Formulación de estrategias de respuesta para la gestión de la huella hídrica

La formulación de estrategias para la gestión y política comunitaria de la microcuenca del río Blanco, como respuesta a la huella hídrica se basó en el plan nacional de desarrollo “Toda Una Vida”, para formular acción en los diferentes aspectos como ambiental, económica y social de cada sector (agrícola, pecuario, doméstico, industrial y energético).

Para el efecto, las estrategias fueron propuestas en una tabla con la siguiente estructura

Tabla 8-2: Estrategias para la gestión y política comunitaria

SECTOR	PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL (QUIMIAG-PENIPE).	PLAN NACIONAL DE DESARROLLO. TODA UNA VIDA.	ESTRATEGIAS RELACIONADAS CON EL “Plan Nacional de Desarrollo. Toda una vida.”
---------------	--	--	--

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1 Fase I: Alcance de evaluación de la Huella Hídrica

Una vez determinado los puntos de monitoreo se tomaron las coordenadas UTM.

Tabla 1-3: Coordenada de los puntos de monitoreo

PUNTOS		COORDENADAS UTM, Zona 17 Sur		
Nº	DESCRIPCIÓN	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD
1	La Bocatoma (Zoila Martínez)	778817	9812791	3436m
2	Releche	776880	9818064	3062m
3	Candelaria	776810	9818003	3005m
4	Tarau	776722	9822196	2637m
5	Empate Rio Chambo	773189	9823542	2440m

Realizado por: Chacha Jessica; Costa Denisse, 2019

- 1) El **P1** denominado punto cero o blanco se encuentra ubicado en la Bocatoma en Zoila Martínez es la zona alta de la microcuenca, en el cual el Rio Blanco, nace del páramo del Nevado el Altar ubicado a unas 4 horas de este sitio, en este lugar no existe la presencia de algunos sectores como: agropecuario, doméstico e industrial, sin embargo, aquí se presenta la captación del agua para uso del sector eléctrico el cual tiene una gran incidencia en la microcuenca.
- 2) El **P2** denominado Releche, es una zona en la que existe la presencia de asentamientos humanos los cuales tienen una gran importancia debido a que mucho de ellos elaboran quesos para el impulso de su estructura económica, además la presencia del sector agropecuario incide en esta zona por lo que la utilización del río se vuelve necesario para este lugar.
- 3) El **P3** es la Candelaria, un área que está rodeada de asentamientos humanos, el principal uso del agua en este sector está asociado a las actividades agropecuarias, especialmente al ganado bovino y algunos cultivos como maíz y papa. Para el sector doméstico los

habitantes utilizan el agua de vertientes para su consumo, la presencia de industrias dedicadas a la recolección de leche para la elaboración de quesos y yogures también son parte de esta zona.

- 4) El **P4** se situó en la comunidad Tarau en la parroquia Candelaria, en esta zona se evidenciaron actividades como la pesca deportiva, el criadero de piscinas de peces (truchas), pocos asentamientos humanos y actividades agropecuarias.
- 5) El **P5** se encontró en la zona baja de la microcuenca, en el Empate con el río Chambo, en este sitio no se presenciaron asentamientos humanos o actividades agropecuarias.

3.1.1 Selección de la muestra

La selección de la muestra se aplicó para conocer el número de habitantes a entrevistar:

Tabla 2-3: Tamaño de la muestra

PUNTOS	N	n
P1	10	8
P2	100	22
P3	300	60
P4	50	29
P5	-	-
TOTAL		119

Realizado por: Chacha Jessica; Costa Denisse, 2019

Para el **P1** ubicado en Zoila Martínez la Bocatoma la presencia de asentamientos humanos es escasa, por lo que se tomó un aproximado de 10 habitantes dando como resultado 8 entrevistados para este sector, para **P2** ubicado en Releche el número de habitantes a considerar fue 50 con un total de 22 entrevistados como muestra **P3**, Candelaria, la población fue de aproximadamente 300 habitantes, con un número de muestra de 60 entrevistados, el **P4** ubicado en la comunidad Tarau dio un total de 29 entrevistados y el **P5** ubicado en el Empate con el Río Chambo no se realizó entrevista debido a que en este sector no existe la presencia de asentamientos humanos.

En muchos de los puntos, cumplir con la totalidad de entrevistas no fue posible debido a que sus pobladores no proporcionaron información o algunos de ellos no se encontraban en el lugar a causa de sus actividades diarias que ocasiona que tengan que alejarse de la zona.

3.1.2 Muestras

3.1.2.1 Muestreo de agua

Parámetros in situ

En cada uno de los 5 puntos de la microcuenca se analizó la temperatura, pH y el caudal, como se detalla en la tabla 3-3.

Tabla 3-3: Parámetros In situ

PUNTOS	PARÁMETROS		
	Temperatura (°C)	pH	Caudal (m ³ /s)
P1	7.80	7.3	8.59
P2	7.85	7.8	13.25
P3	7.87	8.2	13.86
P4	7.91	7.6	15.36
P5	7.96	7.2	16.05
Promedio	7.88	7.62	13.42

Realizado por: Chacha Jessica; Costa Denisse, 2019

Temperatura del agua

La temperatura del Río Blanco tuvo un valor promedio de 7.88 °C, la temperatura más alta se registró en el P5 perteneciente al empate con el río Chambo y la más baja fue en el P1 ubicado en Zoila Martínez, lo que hace referencia a que a medida que la altitud desciende la temperatura aumenta, esto puede deberse a las características climáticas del lugar.

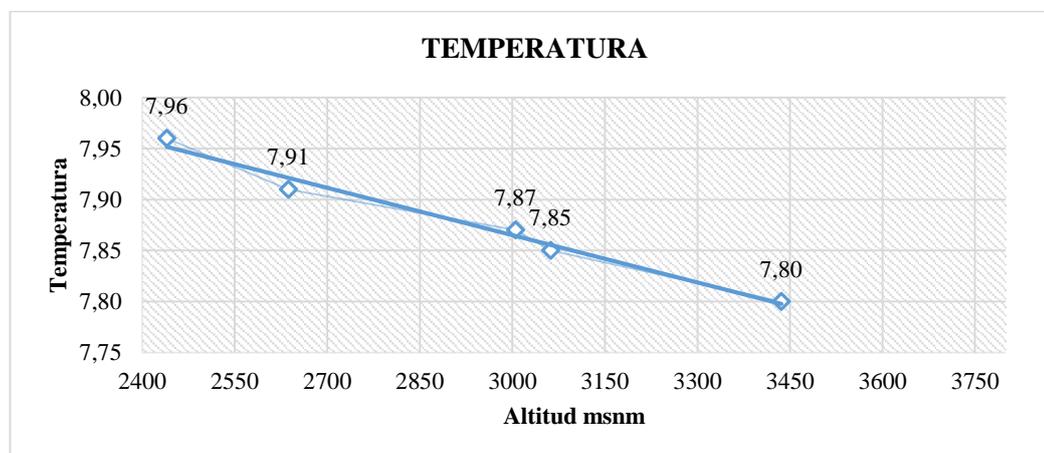


Gráfico 1-3: Datos de temperatura del agua

Realizado por: Chacha Jessica; Costa Denisse, 2019

pH

Los valores de pH obtenidos durante el monitoreo del Río Blanco arrojaron un valor promedio de 7.62, el valor más alto fue de 8.2 que se situó en el P3 correspondiente a Candelaria, esto puede deberse principalmente a las actividades agropecuarias que se realizan en esta zona, además de la presencia de pequeñas industrias lácteas.

De acuerdo al Tulsma el valor del pH para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional o desinfección; para agua de uso agrícola y riego; para uso pecuario; y para fines recreativos el límite permisible va de 6-9, por lo que el pH del Río está dentro de los límites.

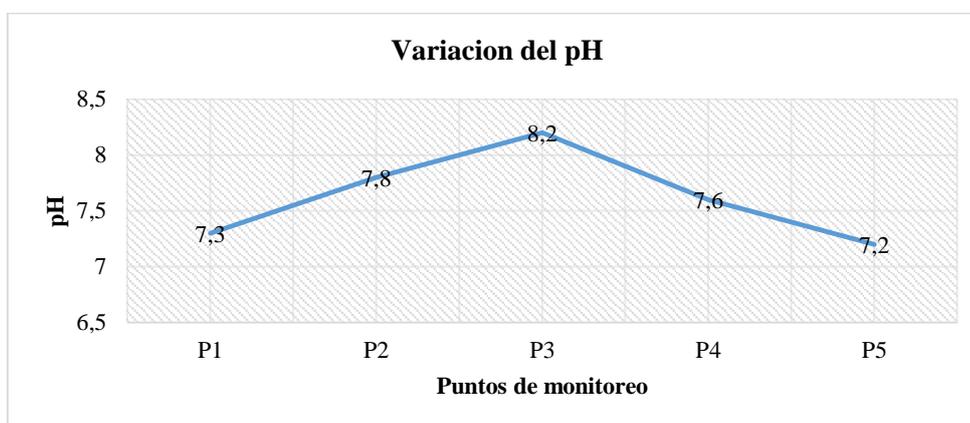


Gráfico 2-3: Datos del pH

Realizado por: Chacha Jessica; Costa Denisse, 2019

Caudal

El caudal promedio del Río Blanco fue de 13.42 m³/s, además en el gráfico 3 se puede apreciar que el caudal va aumentando a medida que la altitud decrece, esto se debe principalmente a que el río al seguir su recorrido recibe aguas de vertientes procedente de los deshielos del Nevado el Altar, aguas de la unión de otros ríos como es el caso del Río Collanes y el Tarau, y también debido a la escorrentía de las precipitaciones propias del lugar.

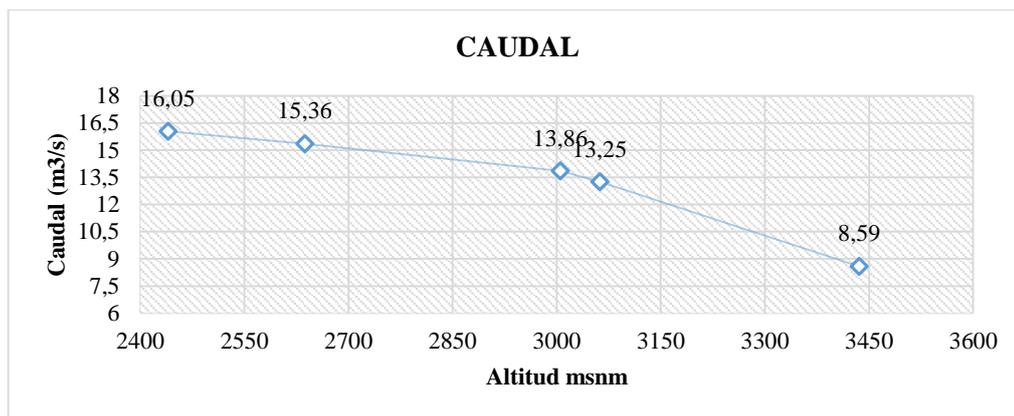


Gráfico 3-3: Datos del Caudal

Realizado por: Chacha Jessica; Costa Denisse, 2019

Parámetros de laboratorio

Los resultados de las muestras de agua fueron analizados en el laboratorio de Servicios Ambientales de la UNACH dando los siguientes valores en la tabla 12-3.

Tabla 4-3: Resultados del Laboratorio

PARÁMETROS	Unidades	PUNTOS				
		P1	P2	P3	P4	P5
Oxígeno disuelto	mg O ₂ /l	6.92	7.10	7.11	7.21	6.90
Nitrito-N	mg/l	0.009	0.007	0.009	0.008	0.008
Nitrato-N	mg/l	2.7	11.4	6.7	3.4	9.2
Turbiedad	FTU-NTU	0.36	11.26	11.65	11.92	11.97
DQO	mg/l	1	10	6	3	2
DBO5	mg O ₂ /l	0.3	6	3.4	1.2	0.7
Aceites y grasas	mg/l	0.048	0.1	0.082	0.056	0.063
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	0.07	0.10	0.11	0.09	0.06
Coliformes totales	NMP/100ml	10	10	13	8	5

Realizado por: Chacha Jessica; Costa Denisse, 2019

Fuente: Laboratorio de Servicio ambientales, 2018

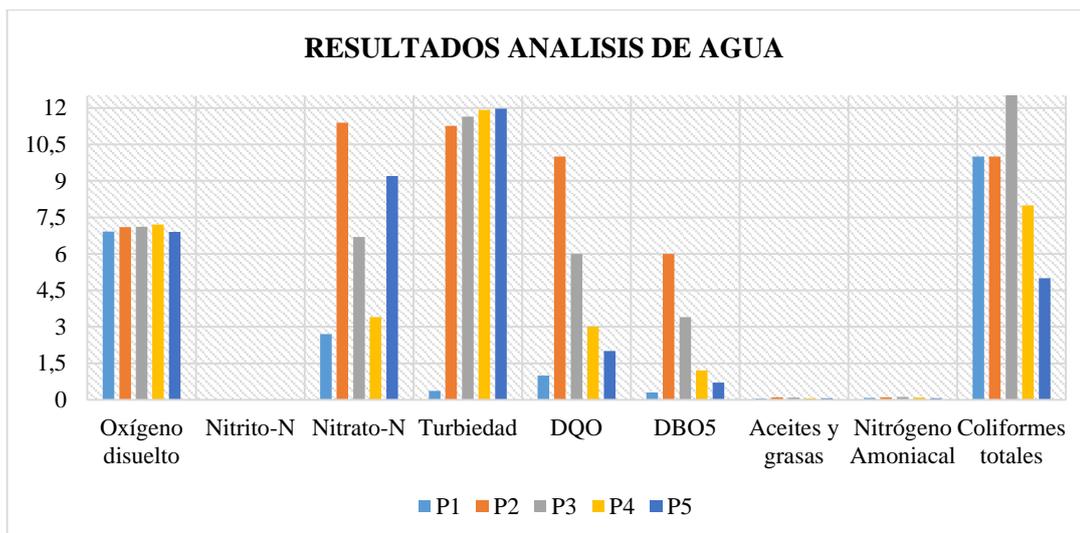


Gráfico 4-3: Resultados de análisis de agua

Realizado por: Chacha Jessica; Costa Denisse, 2019

Oxígeno disuelto

De acuerdo a los valores obtenidos por el laboratorio se puede notar un valor mínimo de Oxígeno Disuelto (OD) de 6.92 mg O₂/l en el P1 perteneciente a Zoila Martínez y de 6.9 mg O₂/l en el P5 concerniente al Empate con el Río Chambo; en el P2 se incrementa el valor a 7.1 esto puede deberse a la unión de otro río como el Collanes, al seguir el curso del río el OD se mantiene en el P3, pero en el P4 se da un notable aumento de 7.21 mg O₂/l probablemente esto a causa de la unión del río Tarau que es utilizado para la pesca deportiva, razón por lo que puede influenciar en el aumento de esta variable. Los resultados de los valores de OD se encuentran dentro de los límites permisibles.

Nitrito –N

Los valores de nitrito fueron similares en casi todos los puntos de la microcuenca, con un valor máximo de 0.009 mg/l y mínimo de 0.007 mg/l, de acuerdo al TULSMA Libro VI Anexo 1 (2015) los límites permisibles para el nitrito en aguas de consumo humano y uso doméstico es 0.2 mg/l, agua para la vida acuática y silvestre en aguas dulces y para agua de uso pecuario es de 0.2 mg/l, para aguas de riego agrícola 0.5 mg/l y aguas de uso pecuario 1.0 mg/l por lo que se encuentra dentro de estos límites.

Nitrato – N

La presencia de nitratos en el agua puede ser indicativo de la utilización de fertilizantes en la microcuenca, el límite permisible de nitratos para consumo humano o de uso doméstico y uso pecuario es de 10 mg/l, en el P2 el valor es de 11.4 mg/l perteneciente a Releche, valores fuera de los límites permisibles en la normativa vigente, esto puede deberse, a las actividades agrícolas de la zona y a causa que previo al P2 provoca un aumento en el nitrato del agua.

Turbiedad

En el P1 los valores de la turbiedad son bajos con 0.36 UTN esto puede corresponder a que a los alrededores no existen actividades antropogénicas que provoque una coloración del agua, y que el río recién nace de los Altares pero a medida que el agua sigue su curso la turbiedad aumenta debido a las actividades agropecuarias, industriales y los asentamientos humanos de este lugar.

Los valores de turbiedad se encuentran dentro de los límites permisibles para las aguas de consumo humano o uso doméstico que es de 100 UTN.

DQO

El P2 que pertenece a Releche tiene el valor máximo de DQO con 10 mg/l por motivo de las actividades agropecuarias, los valores de DQO en el río Blanco están dentro de los límites permisibles para cuerpos de agua dulce el cual debe tener un valor máximo de 250 mg/l, pero para consumo humano el P2 y P3 están fuera de los límites permisibles ya que el valor máximo debe ser <4mg/l.

DBO5

El valor DBO5 máximo es de 6 mg/l en el P2 en Releche el cual expresa la contaminación orgánica en el agua, de acuerdo a los parámetros de calidad del TULSMA para aguas de consumo humano se necesita una DBO5 de 2.0 mg/l y comparando con los resultados el P2 y P3 están fuera de los límites permisibles, esto, a la presencia de las actividades agropecuarias y por las descargas de aguas residuales, esta agua no es apta para el consumo.

Aceites y grasas

Los valores de aceites y grasas en todos los puntos se encuentran dentro de los límites permisibles con respecto al TULSMA, para aguas de consumo humano y agrícola se requiere un valor máximo de 0.3 mg/l.

Nitrógeno amoniacal

El nitrógeno amoniacal se encuentra dentro de los límites permisibles debido a que para aguas de consumo doméstico se requiere un valor máximo de 1.0 mg/l.

Coliformes totales

A lo largo del río Blanco la cantidad de Coliformes totales no provoca mayor contaminación para la población, el límite permisible para agua de consumo humano es de 3000 nmp/100 ml, aguas de uso pecuario <5000 nmp/100 ml.

3.1.2.2 Muestreo del suelo

Parámetro in situ

Las tasas de infiltración del suelo dieron los siguientes resultados los cuales se muestran en la tabla 5-3.

Tabla 5-3: Tasa de infiltración

PARÁMETRO	Unidades	PUNTOS				
		P1	P2	P3	P4	P5
Infiltración	mm/d	127.92	280.8	89.6	260.1	115.13

Realizado por: Chacha Jessica; Costa Denisse, 2019

Parámetros de laboratorio

Tabla 6-3: Resultados de los parámetros del suelo

PARÁMETRO	Unidades	PUNTOS				
		P1	P2	P3	P4	P5
Textura	-	Franco arcilloso	Limoso	Franco arenoso	Limoso	Arenoso
Humedad	%	9.64	7.70	9.86	8.54	11.02
Humedad	mm/m	180	100	110	100	70

Realizado por: Chacha Jessica; Costa Denisse, 2019

Fuente: Laboratorio de Servicio ambientales, 2018

En la microcuenca del río Blanco existen varios tipos de textura del suelo, dentro de los cuales algunos de ellos son aptos para la siembra de algunos de los cultivos de la zona.

3.2 Fase II: Cuantificación de la Huella Hídrica por sectores

3.2.1 Sector Agrícola

Requerimientos del software

Para la utilización del programa Cropwat las variables a considerar fueron:

Datos climáticos de la microcuenca

Los datos climáticos de la microcuenca se descargaron partir del programa CLIMWAT que es una extensión que permite bajar datos de las estaciones meteorológicas con un promedio de 20 a 25 años, que se detallan en la tabla 7-3.

Tabla 7-3: Datos climáticos

CLIMWAT							
MESES	TEMPERATURA		HUMEDAD	VIENTO	INSOLACIÓN	RADIACIÓN	Eto
	Min	Max	Max	m/s	h	MJ/m ² /día	mm/día
ENERO	8.6	20.2	69	3.0	5.4	17.5	3.63
FEBRERO	8.8	20.2	66	2.6	5.1	17.4	3.68
MARZO	8.8	19.6	71	2.4	4.4	16.5	3.36

ABRIL	8.9	19.6	70	1.9	5.1	16.9	3.30
MAYO	8.8	19.3	70	2.3	5.4	16.3	3.24
JUNIO	7.8	18.4	72	2.5	5.4	15.6	3.02
JULIO	6.8	18.6	68	3.0	5.1	15.5	3.19
AGOSTO	6.3	19.2	67	3.1	6.0	17.7	3.58
SEPTIEMBRE	6.7	19.5	69	3.0	5.1	17.1	3.50
OCTUBRE	8.1	20.3	68	2.7	5.4	17.8	3.65
NOVIEMBRE	7.9	20.8	68	2.3	4.8	16.5	3.48
DICIEMBRE	8.2	20.8	68	2.6	5.5	17.3	3.62
PROMEDIO	8.0	19.7	69	2.6	5.2	16.9	3.44

Realizado por: Chacha Jessica; Costa Denisse, 2019

Fuente: CLIMWAT, (CROPWAT 8.0)

Precipitación

La precipitación de la microcuenca fue tomada también del programa CLIMWAT, existía una Estación Meteorológica Puruhá en Químiag pero que ya no se encuentra operando hace muchos meses atrás.

Tabla 8-3: Datos de precipitación

MESES	PRECIPITACIÓN (mm)	PRECIPITACIÓN EFECTIVA (mm)
ENERO	25.0	24.0
FEBRERO	45.0	41.8
MARZO	52.0	47.7
ABRIL	51.0	46.8
MAYO	30.0	28.6
JUNIO	38.0	35.7
JULIO	16.0	15.6
AGOSTO	16.0	15.6
SEPTIEMBRE	29.0	27.7
OCTUBRE	48.0	44.3
NOVIEMBRE	46.0	42.6
DICIEMBRE	28.0	26.7
TOTAL	424.0	397.0

Realizado por: Chacha Jessica; Costa Denisse, 2019

Fuente: CLIMWAT, (CROPWAT 8.0)

Cultivo

Para calcular el coeficiente del cultivo primero fue necesario conocer el tipo de cultivos generados en la microcuencia:

Tabla 9-3: Kc de cada cultivo

CULTIVO	KC inicial	Kc medio	Kc final
Pasto	0.30	0.69	0.69
Maíz	0.70	1.14	0.53
Frejol	0.40	1.01	0.86
Papas	0.50	1.10	0.70
Habas	0.50	1.09	1.05

Realizado por: Chacha Jessica; Costa Denisse, 2019

Todos estos valores fueron ajustados de acuerdo a la zona de estudio, en este caso se utilizaron los valores de la altura promedio de los cultivos, con la finalidad de obtener valores más precisos del lugar, a comparación de estos datos con los que nos proporciona la FAO.

Profundidad radicular y altura de las plantas

Estos valores se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 10-3: Datos de la altura y profundidad radicular de los cultivos

CULTIVO	ALTURA CULTIVOS (m)		PROFUNDIDAD RADICULAR (m)	
	MEDIA	FINAL	MINIMO	MÁXIMO
Pasto	0.60	1.30	0.41	0.45
Maíz	0.90	1.50	0.20	0.45
Frejol	0.45	0.50	0.49	0.70
Papa	0.46	0.75	0.10	0.18
Haba	0.55	1.00	0.32	0.63

Realizado por: Chacha Jessica; Costa Denisse, 2019

Los valores de altura y profundidad radicular varían de acuerdo a cada cultivo, esto debido a la altitud del lugar en el que se encuentren, el tipo de suelo, y la cantidad de agua que requiere cada uno de éstos. Según los datos del lugar de estudio el maíz presentó mayor altura, seguido del pasto y haba, y para la mayor profundidad radicular corresponde al cultivo de haba.

Fecha de siembra

Para obtener esta información se utilizaron entrevistas que fueron aplicadas a los pobladores especialmente a agricultores, quienes manifestaron los meses óptimos para sembrar, además de basarse en el calendario lunar para la siembra de sus productos. La cosecha depende de cada cultivo.

Tabla 11-3: Fecha de siembra de los cultivos

CULTIVO	FECHA DE SIEMBRA
Pasto	Todo el año
Maíz	Marzo, Abril, Agosto
Frejol	Febrero, Agosto
Papa	Junio, Julio
Habas	Abril, Julio o Agosto

Realizado por: Chacha Jessica; Costa Denisse, 2019

Fuente: Entrevistas

Etapas de crecimiento

Para conocer las etapas de crecimiento de cada cultivo se recurrió al estudio de la FAO sobre riego y drenaje:

Tabla 12-3: Etapas de crecimiento

Cultivo	Ini	Des	Med	Fin	Total
Pasto	25	25	15	10	75
Maíz	30	40	50	30	150
Frejol	20	30	30	10	90
Papa	25	30	45	30	130
Haba	15	25	35	15	90

Realizado por: Chacha Jessica; Costa Denisse, 2019

Fuente: (Estudio FAO riego y drenaje, cuadro 11, pag.104)

Fracción de agotamiento crítico

Tabla 13-3: Fracción de agotamiento crítico de cada cultivo

CULTIVOS	INICIAL	MEDIO	FINAL
Pasto	0.60	0.64	0.68
Maíz	0.55	0.59	0.63
Frejol	0.45	0.51	0.57
Papas	0.35	0.40	0.43
Habas	0.45	0.50	0.53

Realizado por: Chacha Jessica; Costa Denisse, 2019

Fuente: (Estudio FAO riego y drenaje, cuadro 22, pag.166)

Respuesta de rendimiento

Tabla 14-3: Respuesta del rendimiento de los cultivos

CULTIVO	RESPUESTA RENDIMIENTO				
Pasto	0.7	0.8	0.9	0.95	1
Maíz	1.05	1.10	1.15	1.20	1.25
Frejol	0.70	0.80	0.95	1.10	1.15
Papas	0.7	0.8	0.9	1	1.1
Habas	0.75	0.85	0.95	1	1.05

Realizado por: Chacha Jessica; Costa Denisse, 2019

3.2.1.1 Huella Hídrica Verde Agrícola

La Huella Hídrica Verde Agrícola es el volumen de agua evapotranspirada proveniente de las precipitaciones.

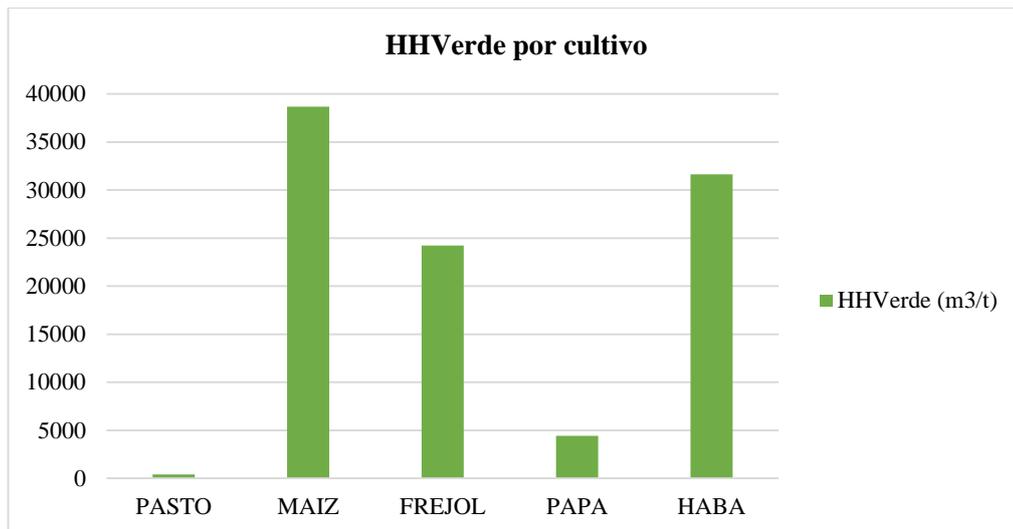


Gráfico 5-3: Huella Hídrica Verde Agrícola por tonelada de producción

Realizado por: Chacha Jessica; Costa Denisse, 2019

El maíz tiene el valor de Huella Hídrica Verde más alto con 38666.48 m³/año de tonelada producida, el haba 31617.3 m³/t y el fréjol con 24211.2 m³/t, esto se debe a que sus requerimientos de agua fueron mayores en comparación que los otros cultivos. Cuando la cantidad de agua no es suficiente y su requerimiento es alto se recurre al riego, pero según datos de las entrevistas, las precipitaciones producidas la gran mayoría del tiempo hace que los cultivos se complementen con el riego, mientras que la papa tuvo un valor de 4440.56 m³/t y el pasto con 422.09 m³/t necesitando por lo tanto una menor cantidad de agua para crecer.

3.2.1.2 Huella Hídrica Azul Agrícola

La Huella Hídrica Azul Agrícola es el volumen de agua utilizada que requiere cada cultivo para producir una tonelada de este, para realizar este cálculo se lo hizo por medio del programa Cropwat.

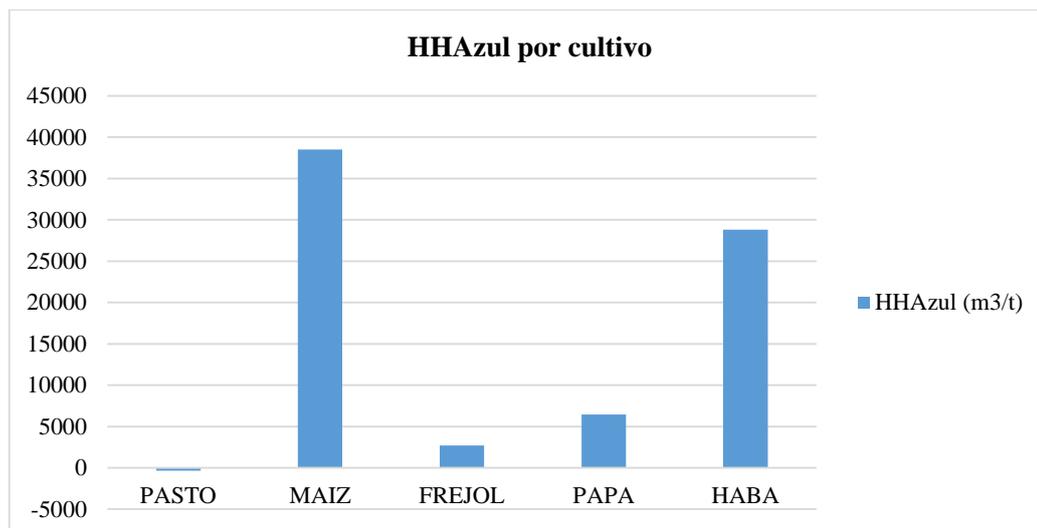


Gráfico 6-3: Huella Hídrica Azul Agrícola por tonelada de producción

Realizado por: Chacha Jessica; Costa Denisse, 2019

El aporte principal de Huella Hídrica Azul Agrícola es la proveniente del cultivo de maíz con un valor de 38493.15 m³ de agua por cada tonelada producida, esto se debe a que el producto es sembrado en época seca, por lo que requiere una mayor cantidad de agua y aumento el riego. En segundo lugar está el haba con un valor de 28828.8 m³ de agua por cada tonelada producida, la siembra se lo hace en temporadas lluviosas requiere menor riego, la papa ocupa el tercer lugar con 6433.32 m³/ t, el frejol con 2703.8 m³/t y seguido del pasto con -346.28 m³/ t, este último dato de acuerdo a Ivorra (2018) indica que una *“Huella Hídrica Azul con un valor negativo tiene un efecto favorable, ya que produce un proceso acumulativo, incorporando agua de otras procedencias mediante el cual se devuelve al medio más agua de lo extraída dando una aportación neta a la microcuencia.”*

3.2.1.3 Huella Hídrica Gris Agrícola

Para el cálculo de la Huella Hídrica Gris Agrícola se tomaron en cuenta solo las concentraciones de nitratos contenidos en los fertilizantes que son aplicados a los distintos cultivos. Para esto fue necesario acudir al INIAP y al Ministerio de Agricultura y Ganadería para conocer la cantidad aplicada de fertilizante por hectárea y el rendimiento de cada uno de los cultivos a evaluar.

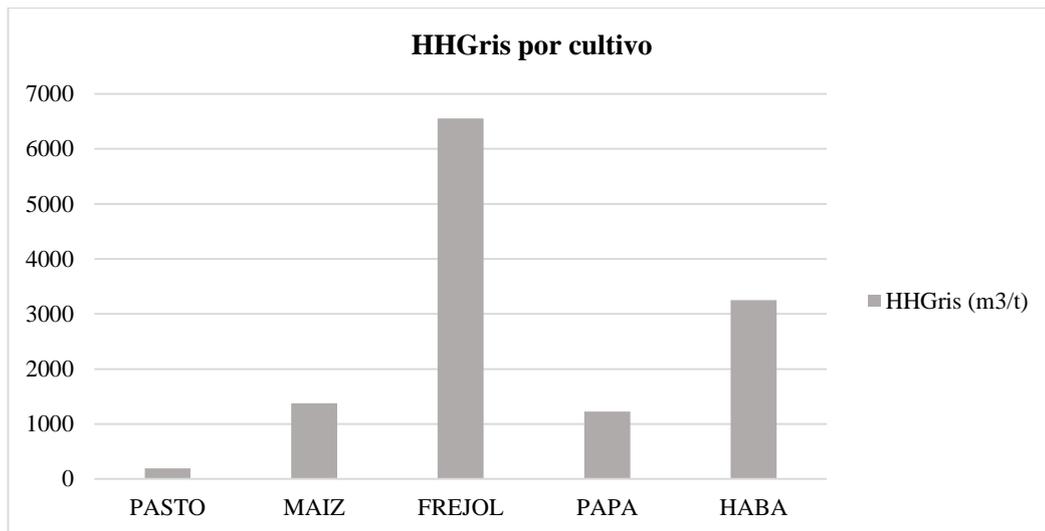


Gráfico 7-3: Huella Hídrica Gris Agrícola por tonelada de producción

Realizado por: Chacha Jessica; Costa Denisse, 2019

El frejol presenta una Huella Hídrica Gris mayoritaria con 6555.12 m³/t, seguidamente el haba con 3252.25 m³/t concordando con los cultivos de requerimiento de agua alto, lo cual significa que demandan de agua para disminuir la contaminación producida por los fertilizantes aplicados. Los demás cultivos como el maíz con 1378.51 m³/t, la papa con 1225.95 m³/t y el pasto 192.8 m³/t tiene una contribución más baja.

Huella Hídrica total sector Agrícola

En la microcuenca del río Blanco el total de Huella Hídrica Agrícola arrojó como resultado que la Huella Hídrica Verde es la más alta con 99357.63 seguida de la Azul con 76112.79 m³/t y de HH gris con 12604.63m³/t, esto se debe a que las características climáticas de la zona permiten que los pobladores aprovechen las precipitaciones que se producen la mayor parte del tiempo para sus cultivos pero además también utilizan el riego, por lo que la mayor cantidad de volumen de agua evapotranspirada proviene de las precipitaciones.

Si comparamos este estudio con el realizado por Novoa et al. (2019) demuestra que las variaciones climáticas son determinantes en el requerimiento hídrico de la actividad agrícola ya que estos permiten condicionar el requerimiento del agua para cada cultivo, por lo que ambos casos son similares.

En el caso de Ye (2019) las condiciones en las que se realizó el estudio son diferentes esto se debe principalmente a la sobrepoblación que existe en ese país, por lo que si bien la eficiencia del uso del agua en China en el sector agrícola mejoró durante el período de estudio, la eficiencia del uso

del agua sigue siendo inferior a la de otros países industrializados debido a prácticas inapropiadas de gestión del riego e inversiones poco sólidas en la construcción de infraestructura, en comparación a nuestro estudio y de acuerdo a datos aportados por el IICA-Ecuador el 92% del agua que se utiliza es para el sector agrícola lo que demuestra un alto consumo de agua solo para este sector.

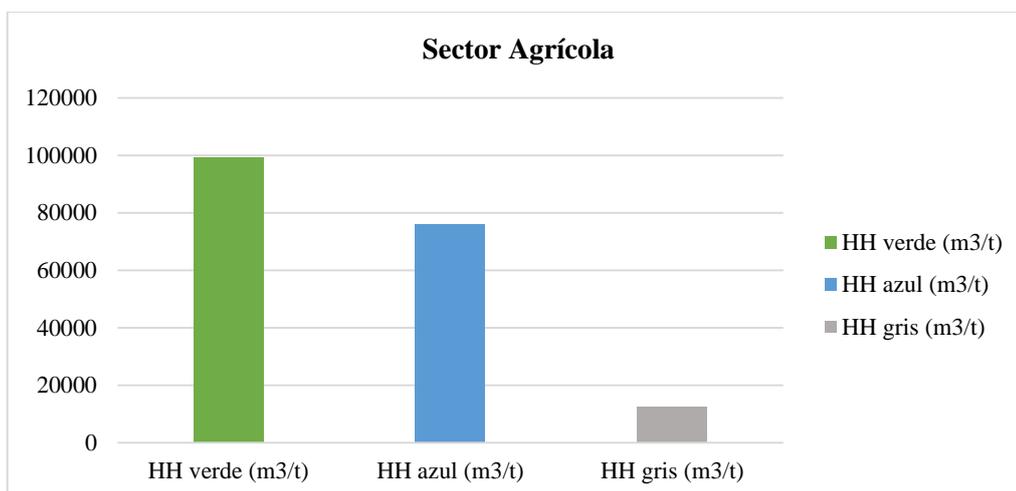


Gráfico 8-3: Huella Hídrica Agrícola

Realizado por: Chacha Jessica; Costa Denisse, 2019

3.2.2 Sector Pecuario

Para el cálculo de la Huella Hídrica Pecuaria se tomó en cuenta el alimento que usan los animales, para este caso se asumió como fuente principal de alimento al pasto más común de la provincia como es el kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) obteniéndose un valor de 4.51 m³/t mediante el software CROPWAT 8.0.

El total de Huella Hídrica Pecuaria dio como resultado que la Huella Hídrica Verde para ganado ovino fue de 18.48 m³ y para ganado bovino 46.98 m³, la HH azul para ganado ovino 73.8 m³ y bovino de 375.00 m³, y la HH gris para el ovino 4.23 m³ y para bovino 18.20 m³ respectivamente. Teniendo como Huellas Hídricas más altas a las que corresponden al ganado bovino esto puede deberse a que en la microcuenca existe una mayor producción de este ganado lo que ocasiona que los requerimientos de agua y alimento sean mayores a comparación de los del ganado ovino.

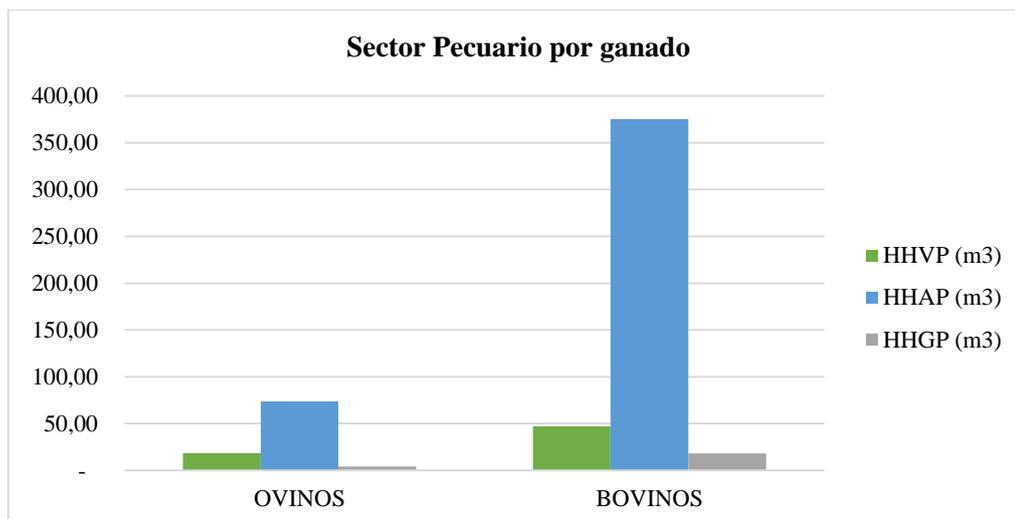


Gráfico 9-3: Huella Hídrica Pecuaria

Realizado por: Chacha Jessica; Costa Denisse. 2019

Huella Hídrica total sector Pecuario

El total de la Huella Hídrica Pecuaria dio como resultado que la Huella Hídrica Azul es la más alta con 5385.60 m³ seguida de la Verde con 785.51 m³ y de HH gris 269.16 m³, esto puede deberse a que el pasto al tener un requerimiento de agua mínimo la huella hídrica verde sea menor a comparación de la azul debido a que el consumo de agua por animal al día es alto, ocasionando así que la huella hídrica azul sea mayor.

Al comparar con el estudio realizado en México por San Luis Agua S.E, se debe tener en cuenta que el sector pecuario es parte del agrícola, ya que la huella hídrica del forraje con que se alimenta el ganado está relacionada en este sector; en este caso el sector pecuario tiene mayor HHV que la agrícola, pero menos HHA. En nuestra investigación el sector pecuario tiene menos HHV y menos HHA comparado al sector agrícola; esto puede deberse a la época de estudio, condiciones climáticas, ubicación geográfica, número de cabezas de ganada por hectárea, disponibilidad de alimento para ganado, entre otros.

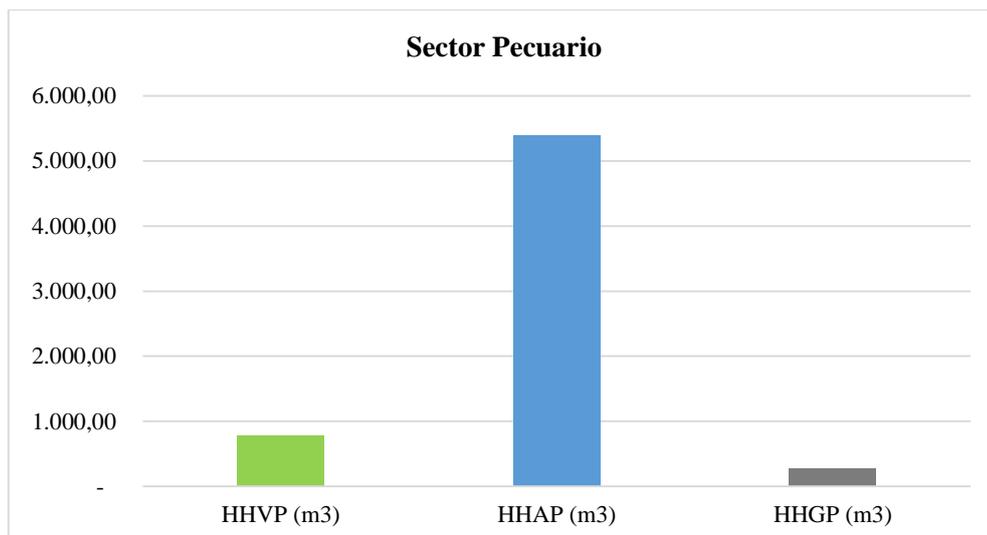


Gráfico 10-3: Huella Hídrica Pecuaria

Realizado por: Chacha Jessica; Costa Denisse. 2019

3.2.3 Sector Doméstico

La huella hídrica Doméstica es el volumen de agua utilizada por cada habitante de la microcuenca.

3.2.3.1 Huella Azul Doméstico

Para el cálculo de este sector no se consideró el caudal de la planta potabilizadora debido a que los pobladores no cuentan con agua potable, el agua utilizada es proveniente en algunos sectores del río Blanco y otros de vertientes que luego son desembocadas en el río. Además, para este cálculo de acuerdo a Arango (2013) se debe “suponer que el 10% del consumo facturado del sector doméstico equivale a la huella hídrica azul de los usuarios y el 90% restante se vierte”.

3.2.3.2 Huella Gris Doméstico

Para calcular la huella gris la concentración de DBO_5 fue necesaria para los cálculos que dieron los siguientes resultados. 11-3.

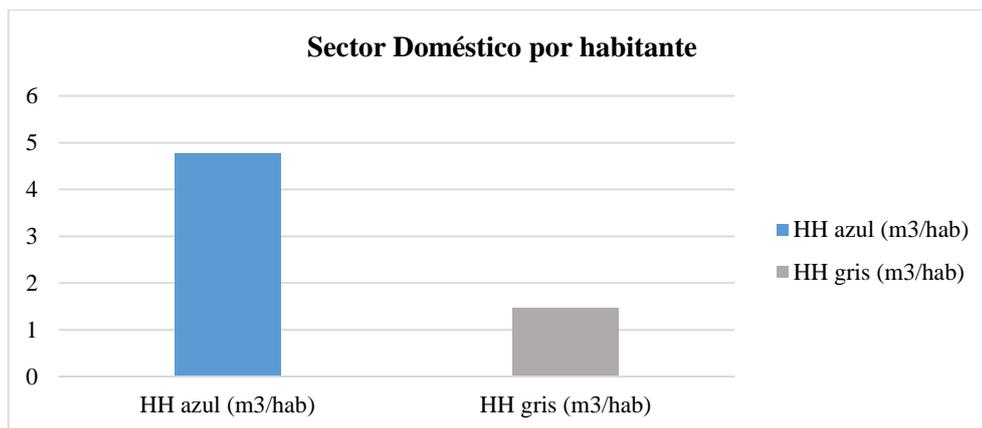


Gráfico 11-3: Huella Hídrica Doméstico por habitante

Realizado por: Chacha Jessica; Costa Denisse. 2019

El sector Doméstico de la Microcuenca del río Blanco presentó una Huella Hídrica Azul de 4.77 m³/año por cada habitante mientras que la Huella Hídrica Gris dio un valor de 1.47 m³/año por habitante. La Huella gris es menor a la azul pues en esta zona la concentración de contaminantes no sobrepasa los límites permisibles permitiendo así que el agua pueda diluir sus contaminantes con una menor cantidad de agua.

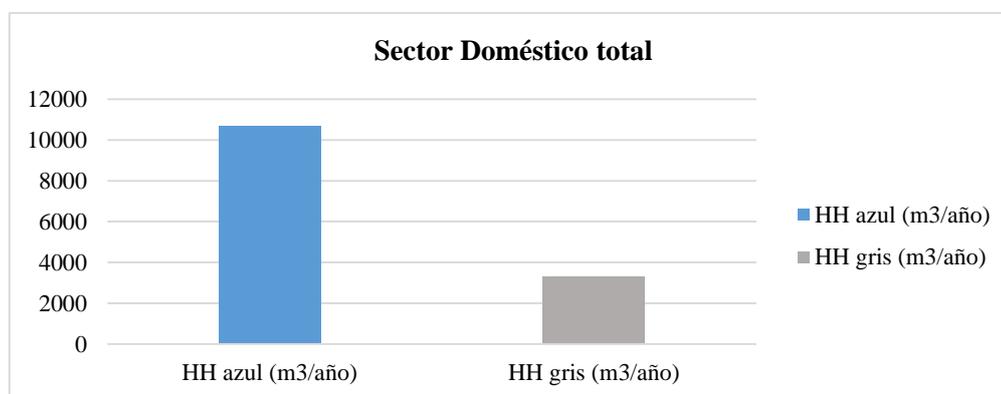


Gráfico 12-3: Huella Hídrica Doméstico del total

Realizado por: Chacha Jessica; Costa Denisse. 2019

El total de huella hídrica del sector doméstico para la huella azul fue de 10665.72 m³/año y la huella gris de 3286.92 m³/año. Los consumidores generalmente no pagan los efectos negativos de sus huellas hídricas, y tampoco los efectos negativos de la contaminación. Las personas en los Estados Unidos tienen, en promedio, la mayor huella hídrica per cápita en el mundo, es decir 2.480 m³/año, China tiene una huella hídrica promedio de 700 m³/año per cápita, mientras que el promedio mundial es de 1.240 m³/año per cápita.

3.2.4 Sector Industrial

Para el cálculo de la Huella Hídrica Industrial se tomó en cuenta el volumen de agua utilizada en los centros de acopio de leche, especialmente para lavar los recipientes en el proceso de producción de quesos, que son comercializados en los mercados de Riobamba.

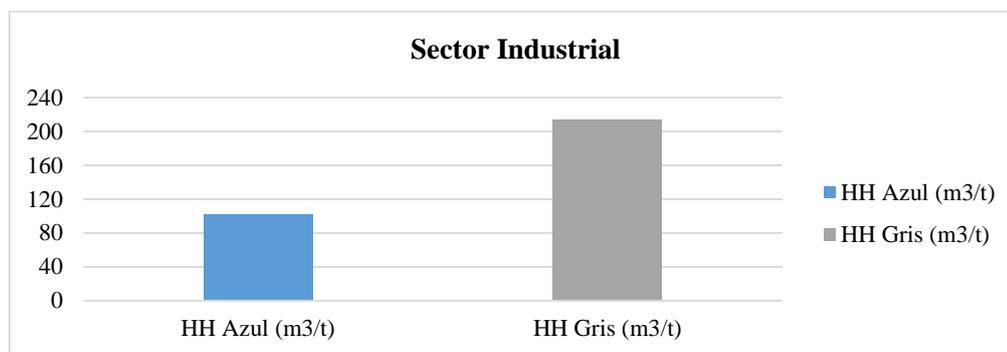


Gráfico 13-3: Huella Hídrica Industrial

Realizado por: Chacha Jessica; Costa Denisse. 2019

La huella hídrica gris con 213.79 m³ fue mayor a la huella hídrica azul con 102.20 m³ respectivamente, pero en comparación de las otras huellas hídricas es poco representativo.

Con respecto al estudio “Estimación de la huella hídrica para la producción de leche en Tunja, Boyacá” (Corredor, 2017), la HHV en Boyacá tiene alto impacto (99,3 % de la HH total) comparado a nuestro caso la HHV es nula; en Boyacá la HH gris representa un porcentaje mínimo del total, pero en Río Blanco la HHG es mayor incluso a HHA, esto se debió a que el agua que se utiliza para este tipo de actividades industriales principalmente provienen de vertientes del Altar y las aguas residuales en algunos sectores tienen como destino final la microcuenca del Río Blanco.

3.2.5 Sector Eléctrico

La huella hídrica para este sector se estableció con la presencia de la central hidroeléctrica Río Blanco. Para el cálculo de esta Huella Hídrica fue necesario conocer el caudal de entrada de la hidroeléctrica, además del índice de calor anual siendo este adimensional.

Comparando con la investigación de Xie (2019) “Regional water footprints assessment for hydroelectricity generation in China” en ambos casos se consideró la evaporación, reservorios, área del reservorio, evapotranspiración; los resultados variaron de acuerdo a la época del año en la que se realizó; en nuestro caso, en época lluviosa el valor más alto de Huella Hídrica fue la azul con 22400 m³/GJ seguida de la gris con 9727.27 m³/año.

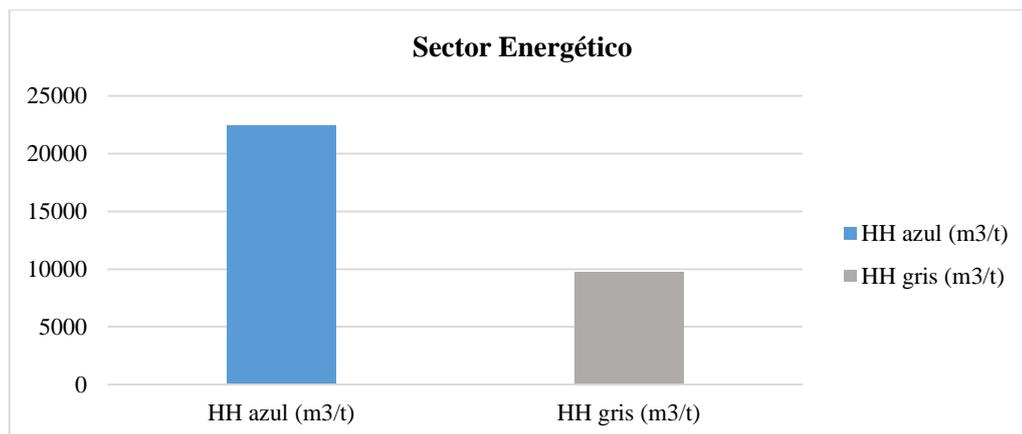


Gráfico 14-3: Huella Hídrica Energética

Realizado por: Chacha Jessica; Costa Denisse. 2019

3.2.6 Huella Hídrica por sectores

De acuerdo al gráfico 15 el mayor valor de las Huellas Hídricas corresponde al sector Agrícola tanto para la Verde, azul y la gris, esto debido a que en la microcuenca existe una mayor extensión de hectáreas cultivadas lo que ocasiona que se utilice más agua para esta actividad.

Tabla 15-3: Huella Hídrica de la Microcuenca

	HH verde	HH azul	HH gris
Agrícola	99357,63	76112,79	12604,63
Pecuario	785,51	5385,66	269,16
Doméstico		10665,72	3286,92
Industrial		102,2	213,79
Energético		22400	9727,27

Realizado por: Chacha Jessica; Costa Denisse. 2019

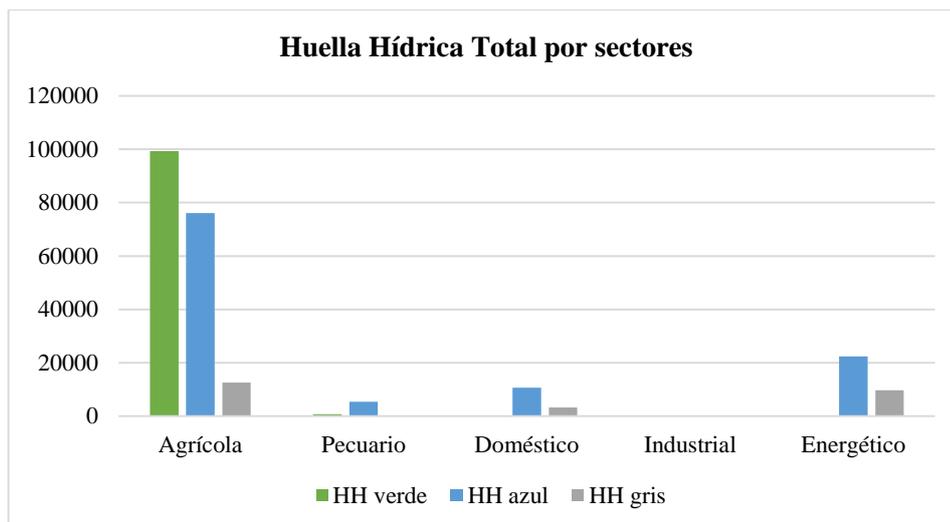


Gráfico 15-3: Huella Hídrica Total por sector

Realizado por: Chacha Jessica; Costa Denisse. 2019

3.2.7 Huella Hídrica total de la Microcuenca del Río Blanco

Para conocer el total de huella hídrica se procedió a sumar cada huella evaluada:

Tabla 16-3: Huella Hídrica Total

	HH verde	HH azul	HH gris
Agrícola	99357,63	76112,79	12604,63
Pecuario	785,51	5385,66	269,16
Doméstico		10665,72	3286,92
Industrial		102,2	213,79
Energético		22400	9727,27
Total	100143,14	114666,37	26101,77

Realizado por: Chacha Jessica; Costa Denisse. 2019

En la microcuenca del río Blanco la Huella Hídrica Azul es mayor con 114666.37 m³, la Huella Hídrica Verde fue de 100143.14 m³, y la Huella Hídrica Gris es de 26101.77 m³. Es decir, el agua superficial utilizada en los procesos, actividades o que es incorporada a un producto (HHA) es mayor al agua que se evapotranspira proveniente del agua lluvia almacenada en el suelo como humedad incluyendo la parte que es incorporada a un cultivo (HHV) y mayor al volumen de agua requerido para diluir los contaminantes hasta alcanzar los límites permisibles establecidos en la normativa ambiental correspondiente (HHG).

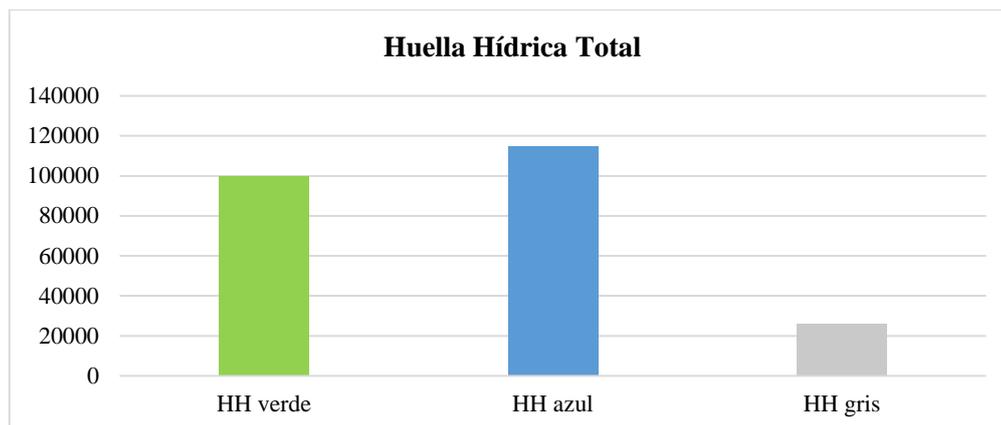


Gráfico 16-3: Huella Hídrica Total

Realizado por: Chacha Jessica; Costa Denisse. 2019

3.3 Fase III: Análisis de la sostenibilidad de la Huella Hídrica

El análisis de sostenibilidad se procedió a realizar una vez medida la Huella Hídrica total de la microcuenca, para ello se tomó en cuenta una evaluación ambiental, y socio económica con la finalidad de conocer que tan sostenible es la producción de agua en la microcuenca del Río Blanco.

3.3.1 Sostenibilidad ambiental de la Huella Hídrica Azul

La sostenibilidad ambiental de la Huella Hídrica Azul fue determinada a partir de la oferta natural de agua y el caudal ecológico, esto para calcular la disponibilidad del recurso y el índice de escasez, así

Tabla 17-3: Cálculo del análisis de la sostenibilidad huella hídrica azul.

ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD HUELLA HÍDRICA AZUL			
OFERTA (m ³ /año)	CAUDAL ECOLOGICO (m ³ /año)	DISPONIBILIDAD DE AGUA AZUL (m ³ /año)	ESCASEZ
2773906,56	554781,31	2219125,25	0,05

Realizado por: Chacha Jessica; Costa Denisse. 2019

A partir de estos datos se pudo calcular la disponibilidad de agua teniendo un resultado de 2219125.25 m³/año. En la determinación del índice de escasez se dividió la Huella hídrica total azul de la microcuenca para la disponibilidad de agua obteniéndose un valor de 0.05 que según los criterios establecidos en la guía demuestra que es sostenible y se puede decir que la microcuenca del río Blanco no tiene problemas de disponibilidad de agua por cantidad.

3.3.2 Sostenibilidad ambiental de la Huella Hídrica Verde

Para calcular la sostenibilidad de la huella hídrica verde fue necesario conocer la disponibilidad de agua (DA) de la microcuenca con la finalidad de saber si es la adecuada para el uso de la población.

La fórmula de la disponibilidad del agua fue igual a la evapotranspiración del lugar debido a que en esta zona no se encuentran áreas protegidas.

Tabla 18-3: Análisis de sostenibilidad huella Verde

ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD HUELLA HÍDRICA VERDE		
DA _{Verde} (m ³ /año)	HHVerde	Escasez
12549	100143,14	0.12

Realizado por: Chacha Jessica; Costa Denisse. 2019

Una vez determinada la evotranspiración verde se transformó de mm a m³ donde 1mm es igual a 10 m³/ha resultado disponibilidad de agua de 12549 m³/año, un índice de escasez de agua de 0.12 que significa que el agua verde es sostenible y es favorable para los ecosistemas estratégicos de la microcuenca.

3.3.3 Sostenibilidad ambiental de la huella hídrica gris

Tabla 19-3: Análisis de sostenibilidad huella Gris

ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD HUELLA HÍDRICA GRIS	
ESCORRENTIA REAL (m ³ /año)	NCA
2773906,56	0,01

Realizado por: Chacha Jessica; Costa Denisse. 2019

El Nivel de contaminación de agua (NCA) fue 0.01 que indica que es sostenible; un valor mayor a 1 de NCA indica que la situación es insostenible y que la capacidad asimilativa de la microcuenca ha sido completamente consumida y aún sobrepasada.

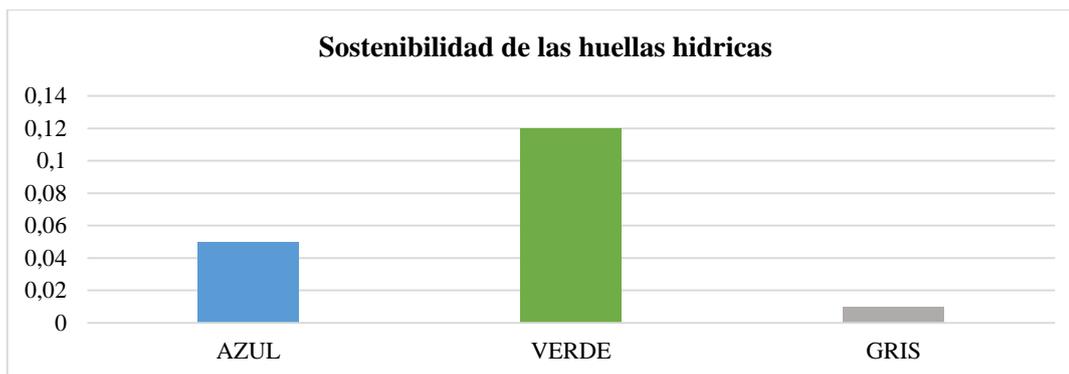


Gráfico 17-3: Sostenibilidad de las Huellas Hídricas

Realizado por: Chacha Jessica; Costa Denisse. 2019

El análisis de sostenibilidad generó un valor de 0.05 para el índice de escasez Azul, un valor de 0.12 para el índice de escasez Verde y 0.01 para el nivel de contaminación de agua, interpretando que todos los índices de escasez son sostenibles actualmente.

3.3.4 Sostenibilidad económica Huella Hídrica

Sector agrícola

Para el cálculo de la sostenibilidad económica fue necesario recurrir al MAGAP - SIPA (sistema de información pública y agropecuaria) para conocer los precios de los cultivos en el mercado y así evaluar la productividad aparente, el valor de producción del cultivo se dividió para la huella hídrica azul de cada cultivo.

Tabla 20-3: Productividad aparente sector agrícola

CULTIVOS	\$ del cultivo (\$/kg)	APWAzul (\$/m ³ /año)	APLAzul
Pasto	0	0	3710
Maíz	0.60	0.02	3306
Frejol	0.79	0.29	1185
Papa	0.38	0.06	6186.4
Haba	0.34	0.01	510
TOTAL		0.38	14897.4

Realizado por: Chacha Jessica; Costa Denisse. 2019

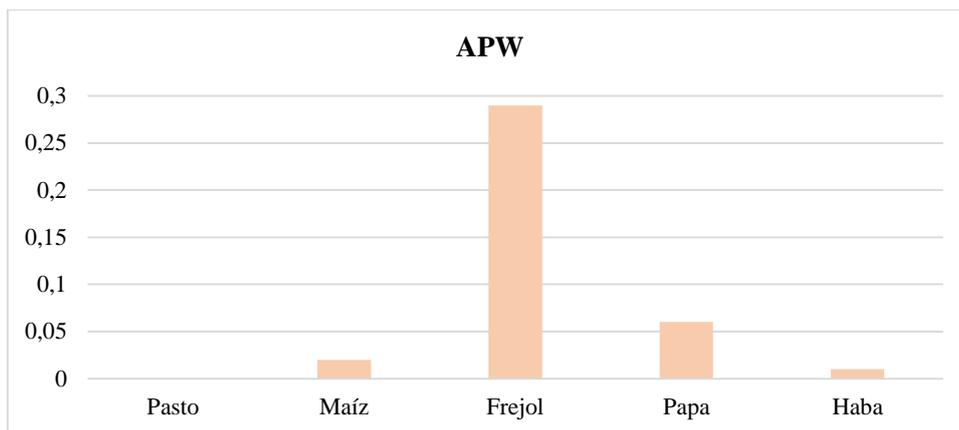


Gráfico 18-3: Productividad aparente del agua sector agrícola

Realizado por: Chacha Jessica; Costa Denisse. 2019

Con respecto a la productividad aparente (APW) se puede apreciar que el cultivo de fréjol representa un mayor valor económico de agua con \$ 0.29 por cada m³, los demás cultivos presentan una productividad aparente baja.

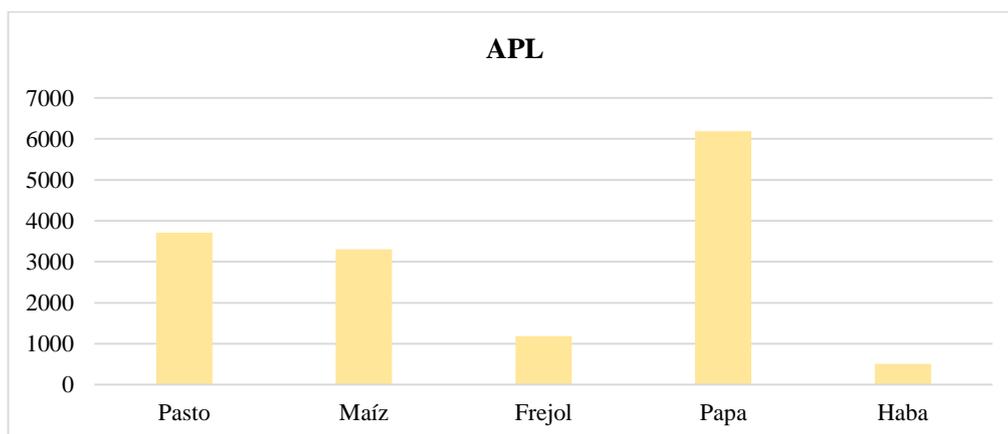


Gráfico 19-3: Productividad aparente de tierra sector agrícola

Realizado por: Chacha Jessica; Costa Denisse. 2019

Para el cálculo de la productividad aparente de la tierra (APL) fue necesario conocer el rendimiento de cada cultivo, datos que fueron obtenidos del INIAP y del MAGAP, el valor total fue de 14897.4 \$ USD/Ha, las papa tuvieron el valor más alto con 6186.4 \$ USD/Ha debido a que presentan un periodo de crecimiento corto y su producción es mayor.

Sector pecuario

Tabla 21-3: Productividad aparente del sector pecuario

	Precio anual	APWazul (\$/m³)
OVINO	14850	0,55
BOVINO	208000	1,52
TOTAL	222850	2,07

Realizado por: Chacha Jessica; Costa Denisse. 2019

Por producción se obtiene alrededor de 222850 (\$/año), mientras que el coste del agua por m³ resultó igual a \$2.07.

Sector doméstico

Para conocer la productividad aparente de agua del sector doméstico se recurrió a la información provista por SENAGUA en el acuerdo 0010 y de las entrevistas.

Tabla 9-3: Productividad aparente del sector domestico

Precio anual	HHAZUL	APWazul (\$/m³)
27.6	10665.72	0.0026

Realizado por: Chacha Jessica; Costa Denisse. 2019

En el acuerdo 0010 de la Secretaría del Agua manifiesta que para el sector doméstico la tarifa para el uso y aprovechamiento del agua es de 0.0039 \$/m³ considerando que la productividad aparente de agua dio un resultado de 0.0026 \$/m³ significó que el precio que están pagando los usuarios se encuentra por debajo del precio real.

Sector industrial

Tabla 23-3: Productividad aparente del sector industrial

Precio anual	HHAZUL	APWazul (\$/m³)
44,28	102,20	3,85

Realizado por: Chacha Jessica; Costa Denisse. 2019

La productividad aparente en el sector industrial dio un resultado de 3.85 \$/m³.

Sector energético

Tabla 24-3: Productividad aparente del sector energético

Precio anual	HHAZUL	APWazul (\$/m ³)
2628000	22400	117,32

Realizado por: Chacha Jessica; Costa Denisse. 2019

La producción total del sector energético se encontró alrededor de USD 2628000 al año, el coste del agua por m³ fue de \$117.32.

Compendio de la sostenibilidad económica

En el gráfico 19 se muestra la variabilidad económica a partir del APW por sectores, denotando los sectores más productivos por cada m³ de agua consumido en un año. El sector energético es el que mayor valor presenta con 117.32 USD/m³, muy distante a los otros sectores.

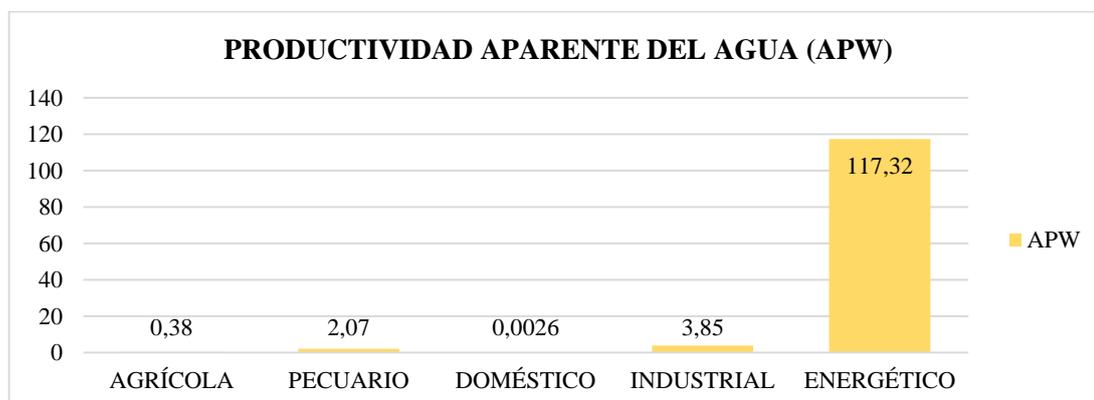


Gráfico 20-3: APW por sectores

Realizado por: Chacha Jessica; Costa Denisse. 2019

3.3.5 Sostenibilidad social

El análisis de la sostenibilidad social se basa en la cantidad de agua que cada usuario debe tener para cubrir sus necesidades básicas para una mejor calidad de vida, en este análisis se seleccionaron algunos criterios sociales como la asimilación de la carga contaminante, que de acuerdo a los análisis físico químicos realizados denotaron el grado de contaminación del río Blanco detallando que en ciertos puntos del río existen niveles de alteración, para el efecto, el uso de esta agua con fines domésticos e industriales no es posible en 2 tramos.

La población no cuenta con agua potable ni red de alcantarillado, en algunos sectores cuentan con fosas sépticas y en otros las aguas residuales y desechos son devueltos al medio natural, que puede incurrir en consecuencias a la salud de la población.

3.4 Fase IV: Formulación de estrategias de respuesta para la gestión de la huella hídrica

La formulación de estrategias para la gestión y política comunitaria de la microcuenca del río Blanco, como respuesta a la huella hídrica se basó en el Plan Nacional de Desarrollo “Toda Una Vida” y en la política pública del sector como los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial cantonal y parroquial, como respuesta activa de los aspectos ambientales y socioeconómicos:

Tabla 25-3: Estrategias para la gestión y política comunitaria para el sector Agrícola

SECTOR	PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL (QUIMIAG-PENIPE).	PLAN NACIONAL DE DESARROLLO. TODA UNA VIDA.	ESTRATEGIAS FORMULADAS
AGRÍCOLA	<p>-Clima favorece a los cultivos en época de lluvias en zonas que no cuentan con suficiente agua de riego.</p> <p>-Suficientes fuentes de agua Natural para los sistemas de agua de riego y consumo.</p> <p>-Heladas y deslizamientos de tierra afectan la producción agrícola; las actividades productivas de mayor importancia económica son ; la producción papas, maíz, habas.</p>	<p>a.8. Controlar que la descarga de efluentes de aguas servidas domésticas e industriales y la descarga de vertidos cumplan los parámetros establecidos por la correspondiente legislación nacional, sectorial e internacional.</p> <p>b.3. Promover una gestión integral y corresponsable del patrimonio hídrico para precautelar su calidad, disponibilidad y uso adecuado, con acciones de recuperación, conservación y protección de las fuentes de agua, zonas de recarga, acuíferos y agua subterránea; considerando el acceso equitativo de agua para consumo, riego y producción.</p> <p>b.11. Evitar la expansión de la frontera agrícola en zonas ecológicamente sensibles.</p> <p>b.12. Detener los procesos de degradación de los recursos naturales en los territorios rurales y fomentar prácticas agroecológicas que favorezcan la recuperación de estos ecosistemas.</p>	<p>-Desarrollar reuniones con los representantes de cada sector de la microcuenca del Río Blanco para proponer mecanismos de suministro de agua más eficientes, mejorando las actividades productivas.</p> <p>-Controlar las fronteras agrícolas mediante el seguimiento de los mismos con la finalidad de impedir su expansión y así disminuir la cantidad de contaminantes que son producidos por la utilización de fertilizantes.</p> <p>-Implementar talleres de buenas prácticas agroecológicas que permitan a la población de la microcuenca tener un uso adecuado de productos químicos (fertilizantes, fungicidas y más), para disminuir la contaminación y aumentar la eficiencia del suelo y del recurso hídrico.</p> <p>-Capacitar a la población sobre el uso y aprovechamiento correcto del agua y concientizar sobre la protección del recurso hídrico el cual es de vital importancia para el desarrollo integral de riego.</p>

Realizado por: Chacha Jessica; Costa Denisse. 2019

Tabla 26-3: Estrategias para la gestión y política comunitaria para el sector Pecuario

SECTOR	PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL (QUIMIAG-PENIPE).	PLAN NACIONAL DE DESARROLLO. TODA UNA VIDA.	ESTRATEGIAS FORMULADAS
PECUARIO	<p>-Heladas y deslizamientos de tierra afectan la producción agrícola y pecuaria; las actividades productivas de mayor importancia económica son; la producción y comercialización de leche y animales menores.</p> <p>-Existe suficientes áreas de pastos para la cría de ganado.</p>	<p>b.3. Promover una gestión integral y corresponsable del patrimonio hídrico para precautelar su calidad, disponibilidad y uso adecuado, con acciones de recuperación, conservación y protección de las fuentes de agua, zonas de recarga, acuíferos y agua subterránea; considerando el acceso equitativo de agua para consumo, riego y producción.</p> <p>b.12. Detener los procesos de degradación de los recursos naturales en los territorios rurales y fomentar prácticas agroecológicas que favorezcan la recuperación de estos ecosistemas.</p>	<p>-Capacitar a la población sobre el uso y aprovechamiento correcto del agua y concientizar sobre la protección del recurso hídrico el cual es de vital importancia para el desarrollo pecuario.</p> <p>-Implementar capacitaciones a los pobladores de la microcuenca sobre buenas prácticas agropecuarias.</p> <p>- Promover a la comunidad soportes financieros por medio de entidades públicas y privadas que permitan aumentar la economía del lugar.</p>

Realizado por: Chacha Jessica; Costa Denisse. 2019

Tabla 27-3: Estrategias para la gestión y política comunitaria para el sector Doméstico

SECTOR	PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL (QUIMIAG-PENIPE).	PLAN NACIONAL DE DESARROLLO. TODA UNA VIDA.	ESTRATEGIAS FORMULADAS
DOMÉSTICO	<p>-Los tanques de captación de agua para el consumo humano se contaminan por las obstrucciones provocadas en la tubería.</p> <p>-Se practican huertos familiares con productos orgánicos.</p> <p>-No se cuenta con servicios básicos de calidad, la mayor parte</p>	<p>a.7. Implementar sistemas de gestión integral de pasivos ambientales, desechos sólidos, descargas líquidas y emisiones atmosféricas, así como de desechos tóxicos y peligrosos (con énfasis en las zonas urbanas, industriales y de extracción de recursos naturales no renovables).</p> <p>a.8. Controlar que la descarga de efluentes de aguas servidas</p>	<p>- Efectuar acciones para la realización de obras como la red de agua potable que regule la oferta del recurso hídrico permitiendo dar a la población agua de calidad en toda la microcuenca.</p> <p>- Promover el derecho a una gestión integral para lograr tener agua de calidad en todos los sectores de la microcuenca y tomar acciones para la</p>

no tienen acceso a servicio de alcantarillado, agua potable.	domésticas e industriales y la descarga de vertidos cumplan los parámetros establecidos por la correspondiente legislación nacional, sectorial e internacional. b.3. Promover una gestión integral y corresponsable del patrimonio hídrico para precautelar su calidad, disponibilidad y uso adecuado, con acciones de recuperación, conservación y protección de las fuentes de agua, zonas de recarga, acuíferos y agua subterránea; considerando el acceso equitativo de agua para consumo, riego y producción.	conservación y protección del recurso hídrico. -Capacitar a la población para controlar las descargas de aguas servidas domésticas, las cuales no superen los límites permisibles de la legislación mediante la implementación de un sistema de alcantarillado en toda el área de la microcuenca del Río Blanco. -Promover el diálogo y la participación ciudadana para solicitar la implementación de los sistemas públicos como el alcantarillado. -Regular la expansión urbana de la microcuenca del Río Blanco mediante el seguimiento de los mismos con la finalidad de impedir su expansión y así disminuir la cantidad de contaminantes que son producidos por las descargas de las aguas servidas al río. -Desarrollar planes de gestión y uso del suelo, por medio de los planes de desarrollo y ordenamiento territorial.
--	---	---

Realizado por: Chacha Jessica; Costa Denisse. 2019

Tabla 28-3: Estrategias para la gestión y política comunitaria para el sector Industrial

SECTOR	PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL (QUIMIAG-PENIPE).	PLAN NACIONAL DE DESARROLLO. TODA UNA VIDA.	ESTRATEGIAS FORMULADAS
INDUSTRIAL	-La mayor parte de la PEA se dedica a la producción agropecuaria. -No se cuenta con servicios básicos de calidad, la mayor parte no tienen acceso a servicio de alcantarillado, agua potable.	a.7. Implementar sistemas de gestión integral de pasivos ambientales, desechos sólidos, descargas líquidas y emisiones atmosféricas, así como de desechos tóxicos y peligrosos (con énfasis en las zonas urbanas, industriales y de extracción de recursos naturales no renovables). a.8. Controlar que la descarga de efluentes de aguas servidas domésticas e industriales y la descarga de vertidos cumplan los parámetros establecidos por la	-Controlar la descarga de aguas residuales industriales para lograr que los parámetros estén dentro de los límites permisibles de la legislación nacional. - Regular el uso del caudal mínimo para cada actividad para así evitar la

		<p>correspondiente legislación nacional, sectorial e internacional.</p> <p>b.3. Promover una gestión integral y corresponsable del patrimonio hídrico para precautelar su calidad, disponibilidad y uso adecuado, con acciones de recuperación, conservación y protección de las fuentes de agua, zonas de recarga, acuíferos y agua subterránea; considerando el acceso equitativo de agua para consumo, riego y producción.</p> <p>b.14. Promover buenas prácticas ambientales y de diseño urbanístico como medidas de adaptación y mitigación al cambio climático y los fenómenos meteorológicos y oceanográficos extremos, priorizando la seguridad de la población y mejorando su resiliencia, tanto como el equipamiento y la infraestructura más vulnerable.</p>	<p>mala utilización o excesivo uso del agua.</p> <p>- Promover el derecho a una gestión integral para lograr tener agua de calidad en todos los sectores de la microcuenca y tomar acciones para la conservación y protección del recurso hídrico.</p> <p>- Repotenciar y mantener las redes de infraestructuras y equipamientos que promuevan encadenamientos productivos, articulaciones urbano-rurales y la creación de nuevos productos que beneficien a los micro y pequeños productores de la zona.</p> <p>-Implementar tecnologías de producción más limpias para el aprovechamiento del recurso hídrico.</p>
--	--	---	--

Realizado por: Chacha Jessica; Costa Denisse. 2019

Tabla 10-3: Estrategias para la gestión y política comunitaria para el sector Energético

SECTOR	PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL (QUIMIAG-PENIPE).	PLAN NACIONAL DE DESARROLLO. TODA UNA VIDA.	ESTRATEGIAS FORMULADAS
ENERGETICO	<p>-Un 70% de los asentamientos humanos no cuentan con el servicio de alumbrado público.</p> <p>-Se dispone de una planta generadora de energía, la Hidroeléctrica Río Blanco, que conduce el agua en canal abierto lo que genera riesgo y peligro para los moradores del sector, sobre todo para niños.</p>	<p>a.5. Implementar sistemas constructivos seguros y energéticamente eficientes en zonas de alta exposición a amenazas de origen natural y antrópico.</p> <p>b.4. Garantizar los caudales mínimos requeridos en las cuencas hidrográficas, con énfasis en aquellas en las que exista conflictos entre el aprovechamiento de agua para el consumo humano, los sistemas productivos, generación hidroeléctrica y el caudal ecológico.</p>	<p>-Implementar mejoras de la infraestructura de la central hidroeléctrica para evitar que los eventos naturales afecten la productividad energética.</p> <p>-Garantizar a la población electricidad y proporcionar los caudales requeridos en toda la microcuenca para evitar conflictos en el aprovechamiento del agua.</p>

Realizado por: Chacha Jessica; Costa Denisse. 2019

CONCLUSIONES

- La evaluación de la huella hídrica permitió obtener resultados estimados de la microcuenca del Río Blanco en época lluviosa sobre el consumo real del recurso hídrico en cada uno de los sectores económicos, pudiendo estar relacionados al consumo humano, escasez o la contaminación.
- La contabilización de la huella hídrica en la microcuenca del río Blanco en época lluviosa definió como resultado total un valor de 100143.14 m³/ año para la HH verde, un valor mínimo de 26101,77 m³/ año para la HH gris y un valor máximo de 114666,37 m³/ año para la HH azul. Su distribución total es de: 41% para la verde, 47% la azul y 10% la gris. Se identificó con la mayor huella hídrica al sector agrícola, el cual influye directamente en el valor alto de la Huella Hídrica Azul, debido a las grandes hectáreas de cultivos que necesitan agua de riego.
- Mediante el análisis de la sostenibilidad de la microcuenca del río Blanco se demostró que presenta sostenibilidad ya sea para consumo, disponibilidad y capacidad de depuración debido a que los valores obtenidos son menores a 1, lo que significa que la utilización del recurso hídrico es adecuada y no existe una sobreexplotación del mismo. Con respecto a la productividad aparente del agua se tiene que el sector menos productivo es el sector doméstico con 0,0026 y el más productivo de la microcuenca es el energético con 117,32 USD/m³ esto debido a que la generación de energía de la Central Hidroeléctrica Río Blanco permite abastecer de electricidad a toda la microcuenca por lo que resulta ser beneficioso.
- Las estrategias formuladas para la gestión y política comunitaria que están incorporadas en la fase IV, constituye un instrumento para la mejora del recurso hídrico que permiten mantener la sostenibilidad de la microcuenca, sin abandonar el trabajo y la inclusión.

RECOMENDACIONES

- La Huella Hídrica debe ser considerada como una metodología alterna o complementaria en los estudios de gestión de recursos hídricos, planteada por la Secretaria Nacional del Agua, y amparada por el Acuerdo Ministerial 2017-0010, debido a que la metodología de Huella Hídrica considera varios indicadores y variables no convencionales, manejado y relacionando desde un enfoque sistémico, a diferencia de la metodología tradicional en donde el principal criterio es la morfología de la cuenca.
- Se recomienda realizar la investigación en época seca para analizar la sostenibilidad de la microcuenca durante un ciclo.
- Fortalecer las redes de investigación y conocimiento sobre huella hídrica, en los ámbitos local y nacional, de forma que se sigan generando conocimientos sobre la sostenibilidad ambiental y utilizar información primaria para evitar errores en los resultados, expresándose así la realidad de la zona ya que se pretende que el análisis sirva como herramienta para la toma de decisiones de asignación y distribución del recurso hídrico.
- Las instituciones generadoras de información, especialmente fuentes gubernamentales, deben brindar facilidad de acceso y considerar desarrollar un método estadístico para dicho procedimiento, pues la fiabilidad de los resultados mayormente depende de dicha información.
- Concientizar a la población sobre el uso del recurso hídrico y gestión adecuada del mismo.
- Se sugiere utilizar la guía metodológica de aplicación de huella hídrica en una microcuenca, que servirá para abordar estudios similares en otras microcuencas prioritarias en Ecuador, la misma que está sujeta a modificación de acuerdo a los requerimientos de cada sector.

BIBLIOGRAFÍA

AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DEL AGUA. *La Institución.* [En línea] [Consulta: 2 de noviembre de 2018] Disponible en: <http://www.regulacionagua.gob.ec/la-institucion/>.

ALVARADO, César y BARAHONA, Marco. Comparación de tres métodos de infiltración para calcular el balance hídrico del suelo, en la Cuenca del río Suquiapa, El Salvador. *Cuadernos de Investigación UNED* [En línea], 2017 (El Salvador) vol.9, n.1, pp. 23-33. [Consulta: 27 de noviembre de 2018] ISSN 0210-5233. Disponible en: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-42662017000100023&lng=pt&nrm=iso

ARANGO, Juliana. Determinación de la huella hídrica del sector doméstico en la Cuenca del Río Porce [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Pontificia Bolivariana, Facultad de Ingeniería, Medellín, Colombia. 2013. pp.35-51 [Consulta: 2018-12-10.] Disponible en: <https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/1396/1.%20TRABAJO%20DE%20GRADO%20-%20Determinaci%C3%B3n%20de%20la%20huella%20h%C3%ADdrica%20del%20sector%20dom%C3%A9stico%20en%20la%20cuenca%20de%20r%C3%AD.pdf?sequence=1>.

ARÉVALO, Diego. *Evaluación de la huella hídrica en cuencas hidrográficas: experiencias piloto en Latinoamérica.* [En línea] Enero de 2017. [Consulta: 7 de diciembre de 2018]. Disponible en: <https://www.iica.int/sites/default/files/publications/files/2017/BVE17048795e.pdf>

ARIAS, José. *Estudio y actualización plan maestro agua potable y alcantarillado cantón Penipe.* [En línea] 2007. [Consulta: 2 de diciembre de 2018]. Disponible en: <http://www.chimborazo.gob.ec/chimborazo/wp-content/uploads/LOTAIP/ANEXOS6/PROYECTOS/PROMAREN.pdf>.

CAMPOS, Edison. Valoración económica del servicio de producción hídrica de la microcuenca del Río Blanco [En línea] (Trabajo de Titulación). (Maestría) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. 2018. p.2. [Consulta: 2018-10-22]. Disponible en: <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/8070/1/20T00970.PDF>

CARDONA, Claudia y CONGOTE, Bernardo. La huella hídrica, un indicador de impacto en el uso del agua. *Tecnogestión: Una Mirada Al Ambiente* [En línea], Abril de 2013 (Colombia)

vol.10, n.1, pp.20-25. [Consulta: 2 de diciembre de 2018.]. Disponible en: <https://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/tecges/article/view/5730>

CENTRO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ANTIOQUÍA. *Evaluación de la Huella Hídrica en la cuenca del Río Porce* [en línea]. Medellín-Colombia: Adhouse, 2013. [Consulta: 20 octubre 2018]. Disponible en: <https://www.goodstuffinternational.com/images/PDF/LibroHuellaHidrica.pdf>

CONALI. *Precio medio energía facturada.* [En línea] Abril de 2017. [Consulta: 5 de febrero de 2019]. Disponible en: https://www.regulacioneolica.gov.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/15_PRECIO_MEDIO_ENERGIA_FACTURADA.pdf.

CONSEJO NACIONAL DE RECURSOS HIDRICOS. *División hidrográfica en el ámbito de sistemas, cuencas y subcuencas.* [En línea] Agosto de 2002. [Consulta: 2 de diciembre de 2018]. Disponible en:

http://intranet.comunidadandina.org/Documentos/Reuniones/DTrabajo/SG_REG_EMAB_IX_dt%203_Ax2.pdf.

DUARTE, Emilio. Uso del Agua en establecimientos agropecuarios. Sistema de abrevadero (Parte I). *Plan Agropecuario* [En línea], 2011 (Uruguay) vol. 139, pp.52-55. [Consulta: 6 de Febrero de 2019]. Disponible en: https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R139/R_139_52.pdf

ESTÉVEZ, Ricardo. *¿Qué es la huella hídrica? Ecointeligencia.* [En línea] 11 de Marzo de 2016. [Consulta: 27 de noviembre de 2018]. Disponible en: <https://www.ecointeligencia.com/2016/03/huella-hidrica/>.

FAO. *Evapotranspiración del cultivo.* [En línea] 2006. [Consulta: 28 de noviembre de 2018]. Disponible: <http://www.fao.org/3/a-x0490s.pdf>.

GONZAGA, Liliana. *Línea base de los componentes y horizonte temporal del plan de cogestión. Gobierno autónomo descentralizado de la provincia de Chimborazo.* [En línea] 29 de Mayo de 2013. [Consulta: 30 de Noviembre de 2018]. Disponible en: <http://www.fao.org/forestry/45913-0b4d15f049dff5c4909b1fbc5ea2c48b2.pdf>.

GRANIZO, Juan. Evaluación de la gestión del mantenimiento de la central de generación hidroeléctrica Río Blanco, de la Empresa Eléctrica Robamba S.A, durante el año 2014 [En línea] (Trabajo de Titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. 2016. pp.13-15 [Consulta: 2019-03-02]. Disponible en: <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/5899/1/25T00279.pdf>

HARO, Maria. Evaluación de la huella hídrica por la producción de bioetanol en Tamazula, Jalisco. [En línea] (Trabajo de Titulación). Universidad Nacional Autónoma de México. Tamazula, México. 2012. pp.31-44 [Consulta: 2019-02-20]. Disponible en: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/5069/Tesis.pdf>

IICA. *Guía metodológica para la evaluación de la huella hídrica en una cuenca hidrográfica* [En línea] 2017. [Consulta: 5 de Diciembre de 2018]. Disponible en: <http://www.iica.int/sites/default/files/publications/files/2017/BVE17068913e.pdf>.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA. *Valores / Misión / Visión* [En línea]. [Consulta: 26 de Noviembre de 2018.]. Disponible en: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/valores-mision-vision/>.

IVORRA, Ana. *Sostenibilidad y optimización de la gestión del agua en la Región de Murcia.* [En línea] 09 de Marzo de 2018. [Consulta: 4 de marzo de 2019]. Disponible en: <https://www.um.es/documents/3456781/8299643/Presentacion-Ana-Gomis-Ivorra.pdf/fd5eda16-7b4d-4193-b700-72027921114c> .

LALA, Henry. Análisis de la sostenibilidad de la producción de agua en la microcuenca del río Pita mediante la determinación de la huella hídrica y disponibilidad de agua [En línea] (Trabajo de Titulación). Universidad de las Fuerzas Armadas. Sangolquí, Ecuador. 2017. pp.53-89 [Consulta: 2018-11-27]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/13246/1/T-ESPE-057289.pdf>

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA. *Sistema de Información Pública Agropecuaria* [En línea]. [Consulta: 26 de noviembre de 2018]. Disponible en: <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/precios-mayoristas>.

MINISTERIO DEL AMBIENTE. *Planificación Estratégica* [En línea]. [Consulta: 26 de noviembre de 2018]. Disponible en: <http://www.ambiente.gob.ec/>.

MUÑOZ, Eduardo. *Evaluación Social del proyecto de manejo de recursos naturales en las microcuencas de los Ríos Cebadas, Atapopomachaca, Zula-Guasuntos, Río Blanco y Reserva de Producción de Fauna Chimborazo.* [En línea] 2008. [Consulta: 19 octubre 2018]. Disponible en: <http://documents.worldbank.org/curated/en/505661468232144267/pdf/IPP3050SPANISH0LAC11P1P105550.pdf>

NACIONES UNIDAS. *Día Mundial del Agua.* [En línea] 22 de Marzo de 2018. [Consulta: 20 de noviembre de 2018]. Disponible: <http://www.un.org/es/events/waterday/>.

NOVOA, Vanessa; et al. Sustainability assessment of the agricultural water footprint in the Cachapoal River basin, Chile. *Ecological Indicators* [En línea], 2019 (Chile) vol. 98, pp. 19-28.

[Consulta: 27 de marzo de 2019] ISSN 1470-160X. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X18308203>

ORDOÑEZ, Juan. *¿Qué es una cuenca hidrológica?* [En línea] 2011. [Consulta: 27 de noviembre de 2018]. Disponible en: https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/cuenca_hidrologica.pdf.

PÉREZ, Solange. Evaluación y análisis de la huella hídrica y agua virtual de la producción agrícola en el Ecuador [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Zamorano. Francisco Morazán, Honduras. 2012. pp.4-28 [Consulta: 2019-03-02]. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/911/1/AGN-2012-T025.pdf>

RÍOS, José; et al. Determinación de la huella hídrica azul en los cultivos forrajeros del DR-017, Comarca Lagunera, México. *Rev. Fac. Cienc. Agrar., Univ. Nac. Cuyo* [En línea], 2015 (México) vol.47, n.1, pp.93-107. [Consulta: 4 marzo de 2019] ISSN 1853-8665. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1853-86652015000100007&script=sci_arttext&lng=pt.

ROMERO, Oriella y BRAVO, Silvana. *Alimentación y nutrición en los ovinos* [En línea] 2012. [Consulta: 4 marzo de 2019]. Disponible en:

<http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR38521.pdf>.

SECRETARÍA DEL AGUA. *Valores de la Institución* [En línea]. [Consulta: 26 de noviembre de 2018]. Disponible en: <https://www.agua.gob.ec/category/la-secretaria/>.

SOTELO, José; et al. Huella hídrica de España y su diversidad territorial. *Estudios Geográficos* [En línea], 2012 (España) vol. 73, n. 272, pp. 239-272. [Consulta: 12 marzo de 2019] ISSN 1988-8546. Disponible en:

<http://estudiosgeograficos.revistas.csic.es/index.php/estudiosgeograficos/article/view/371/371>.

TULSMA LIBRO VI ANEXO 1. *Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes : recurso agua* [En línea] 2015. [Consulta: 2 noviembre de 2018]. Disponible en:

<http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu155128.pdf>.

VALENCIA, Manuela. *Medición del caudal* [En línea] 2014. [Consulta: 5 de diciembre de 2018]. Disponible en: http://www.piraguacorantioquia.com.co/wp-content/uploads/2016/11/3.Manual_Medici%C3%B3n_de_Caudal.pdf.

VERNAZA, Elisa y DÁVILA, Pablo. *La Huella Hídrica y el Agua Virtual de las Rosas: como el uso, consumo y aprovechamiento del agua tiene impacto dentro de la cadena de suministro de la industria florícola* [En línea] (Trabajo de Titulación). Universidad San Francisco de Quito.

Quito, Ecuador. 2014. pp.25-50 [Consulta: 2019-02-12]. Disponible en: <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/3811/1/112487.pdf>

WATER FOOTPRINT NETWORK. *Manual para la evaluación de la huella hídrica.* [En línea] 2002. [Consulta: 26 de noviembre de 2018]. Disponible en: <http://waterfootprint.org/media/downloads/ManualEvaluacionHH.pdf>.

AGENCIA SUIZA PARA EL DESARROLLO Y LA COOPERACIÓN (COSUDE) Y FONDO MUNDIAL PARA LA NATURALEZA (WWF). *Huellas hídricas sectoriales del Perú* [En línea] Julio de 2014. [Consulta: 12 de diciembre de 2018]. Disponible en: https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/ANAI_4980b72738ccb484a0604a76f0f9de50

XIE, Xiaomin; et al. Regional water footprints assessment for hydroelectricity generation in China. *Renewable Energy* [En línea], 2019 (China) vol.138, pp. 316-325. [Consulta: 20 de febrero de 2019] ISSN 0960-1481. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148119301028>

YE, Quanliang; et al. Influential factors on water footprint: A focus on wheat production and consumption in virtual water import and export regions. *Ecological Indicators* [En línea], 2019 (China) vol.102, pp. 309-315. [Consulta: 22 de febrero de 2019] ISSN 1470-160X. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X1930161X>

ZARATE, Erika y KUIPER, Derk. *Evaluación de Huella Hídrica del banana para pequeños productores en Perú y Ecuador.* [En línea] Enero de 2013. [Consulta: 11 de marzo de 2018]. Disponible en:

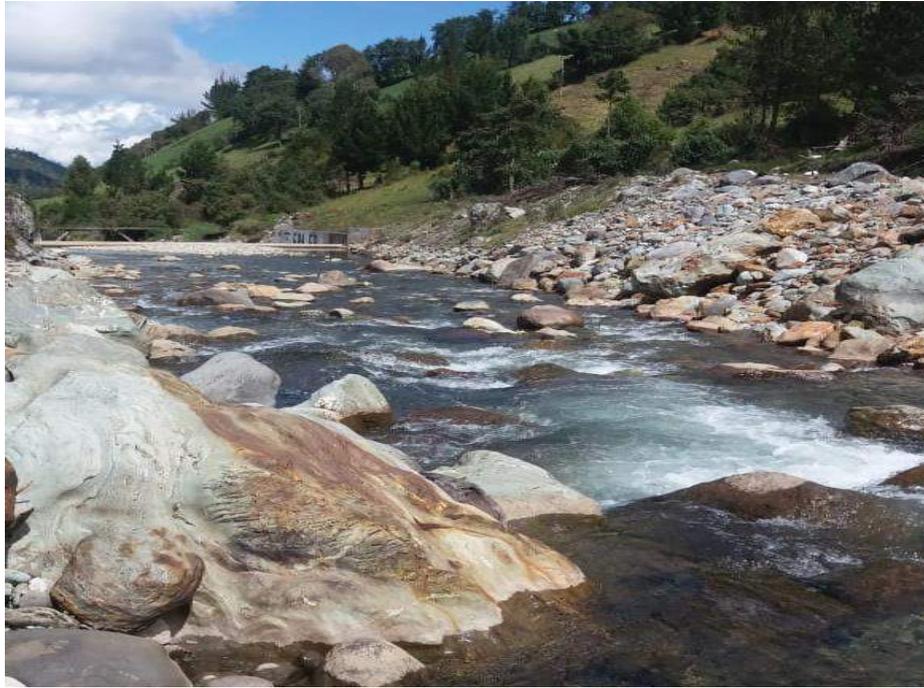
[http://www.huellahidrica.org/Reports/Zarate%20and%20Kuiper%20\(2013\)%20Water%20Footprint%20Assessment%20of%20Bananas.pdf](http://www.huellahidrica.org/Reports/Zarate%20and%20Kuiper%20(2013)%20Water%20Footprint%20Assessment%20of%20Bananas.pdf).

ZURY, William. *Manual de Planificación y Gestión Participativa de Cuencas y Microcuencas.* Primera. Quito, Ecuador: SOBOC, 2004, pp. 176-192.

ANEXOS

ANEXO A: Puntos de muestreo

Bocatoma, Zoila Martínez (P1)



Tarau (P2)



Candelaria (P3)



Releche (P4)



Empate Río Blanco-Río Chambo (P5)



ANEXO B: Muestreo del agua



Muestras recolectadas



ANEXO C: Muestreo del suelo



ANEXO D: Equipos utilizados

GPS



INFILTRACION



ANEXO E: Medición de caudales



ANEXO F: Entrevistas





ANEXO G: Informe de análisis de agua del laboratorio de servicios ambientales.



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES

Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con certificado No. SAE LEN 17-012

N° SE: 003 - 18

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Jéssica Chacha **INFORME N°:** 003 - 19
EMPRESA: Proyecto de Tesis ESPOCH **N° SE:** 003 - 19
DIRECCIÓN: Barrio El Condado
TELÉFONO: 0987527118 **FECHA DE RECEPCIÓN:** 08 - 01 - 19
FECHA DE INFORME: 15 - 01 - 19

NÚMERO DE MUESTRAS: 1, Agua, Rio Blanco **TIPO DE MUESTRA:**
IDENTIFICACIÓN: Agua
MA - 004-19 P1

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de la obtención de las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 004-19

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G	6,92	N/A	08 - 01 - 19
* Nitrito - N	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - NO2 - B	0,009	N/A	08 - 01 - 19
* Nitrato - N	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - NO3 - E	2,7	N/A	08 - 01 - 19
* Turbiedad	FTU - NTU	STANDARD METHODS 2130 B	0,36	N/A	08 - 01 - 19
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D	1	+/-10%	08 - 01 - 19
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	0,3	N/A	08 - 01 - 19
* Aceites y grasas	mg/l	EPA 418.1	0,048	N/A	08 - 01 - 19
* Nitrógeno Amoniacal	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - NH3 B&C	0,07	N/A	08 - 01 - 19
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	10	N/A	08 - 01 - 19

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:
 Dr. Juan Carlos Lara R.
 Benito Mendoza T., Ph.D.


 Dr. Juan Carlos Lara R.
 TECNICO L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s)
 - Los ensayos marcados con (*) no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.
 -Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 1 de 1

FMC2101-01

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES
Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con certificado No. SAE LEN 17-012

Nº SE: 123 - 18

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Jéssica Chacha **INFORME Nº:** 123 - 18
EMPRESA: Proyecto de Tesis ESPOCH **Nº SE:** 123 - 18
DIRECCIÓN: Barrio El Condado
TELÉFONO: 0987527118 **FECHA DE RECEPCIÓN:** 13 - 12 - 18
FECHA DE INFORME: 20 - 12 - 18

NÚMERO DE MUESTRAS: 4, Agua, Rio Blanco **TIPO DE MUESTRA:**
IDENTIFICACIÓN:

MA - 334-18	P4	Agua
MA -335-18	P3	Agua
MA - 336-18	P2	Agua
MA - 337-18	P5	Agua

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de la obtención de las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 334-18

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G	7,21	N/A	13 - 12 - 18
* Nitrito - N	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - NO2 - B	0,008	N/A	13 - 12 - 18
* Nitrato - N	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - NO3 - E	3,4	N/A	13 - 12 - 18
* Turbiedad	FTU - NTU	STANDARD METHODS 2130 B	11,92	N/A	13 - 12 - 18
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D	3	+/-10%	13 - 12 - 18
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	1,2	N/A	13 - 12 - 18
* Aceites y grasas	mg/l	EPA 418.1	0,056	N/A	13 - 12 - 18
* Nitrógeno Amoniacal	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - NH3 B&C	0,09	N/A	13 - 12 - 18
* Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	6	N/A	13 - 12 - 18

MA - 335-18

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G	7,11	N/A	13 - 12 - 18
* Nitrito - N	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - NO2 - B	0,009	N/A	13 - 12 - 18
* Nitrato - N	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - NO3 - E	6,7	N/A	13 - 12 - 18

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizad(a)s.
 - Los ensayos marcados con (*) no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.
 -Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES

Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con certificado No. SAE LEN 17-012

N° SE: 123 - 18

* Turbiedad	FTU - NTU	STANDARD METHODS 2130 B	11,85	N/A	13 - 12 - 18
* DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D	8	+/-10%	13 - 12 - 18
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	3,4	N/A	13 - 12 - 18
* Aceites y grasas	mg/l	EPA 418.1	0,082	N/A	13 - 12 - 18
* Nitrógeno Amoniacal	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - NH3 B&C	0,11	N/A	13 - 12 - 18
Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	13	N/A	13 - 12 - 18

MA - 336-18

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G	7,10	N/A	13 - 12 - 18
* Nitrito - N	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - NO2 - B	0,007	N/A	13 - 12 - 18
* Nitrato - N	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - NO3 - E	11,4	N/A	13 - 12 - 18
* Turbiedad	FTU - NTU	STANDARD METHODS 2130 B	11,26	N/A	13 - 12 - 18
* DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D	10	+/-10%	13 - 12 - 18
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	6	N/A	13 - 12 - 18
* Aceites y grasas	mg/l	EPA 418.1	0,1	N/A	13 - 12 - 18
* Nitrógeno Amoniacal	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - NH3 B&C	0,10	N/A	13 - 12 - 18
Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	10	N/A	13 - 12 - 18

MA - 337-18

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500-O-G	6,90	N/A	13 - 12 - 18
* Nitrito - N	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - NO2 - B	0,008	N/A	13 - 12 - 18
* Nitrato - N	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - NO3 - E	9,2	N/A	13 - 12 - 18
* Turbiedad	FTU - NTU	STANDARD METHODS 2130 B	11,97	N/A	13 - 12 - 18
* DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D	2	+/-10%	13 - 12 - 18
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	0,7	N/A	13 - 12 - 18
* Aceites y grasas	mg/l	EPA 418.1	0,063	N/A	13 - 12 - 18
* Nitrógeno Amoniacal	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - NH3 B&C	0,08	N/A	13 - 12 - 18
Coliformes totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	5	N/A	13 - 12 - 18

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara R.
Benito Mendoza T., Ph.D.



Dr. Juan Carlos Lara R.
TECNICO L.S.A.

- Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizad(a)s.
- Los ensayos marcados con (*) no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.
- Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

FMC2101-01

ANEXO H: Informe de análisis de suelo del laboratorio de servicios ambientales.



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Jéssica Chacha

INFORME N°: 001 – 19

N° SE: 001 –19

EMPRESA: Proyecto de Tesis ESPOCH

DIRECCIÓN: Barrio El Condado

FECHA DE RECEPCIÓN: 08 – 01 –19

TELÉFONO: 0987527118

FECHA DE INFORME: 15– 01–19

NÚMERO DE MUESTRAS: 1

TIPO DE MUESTRA: Suelo, Rio Blanco

IDENTIFICACIÓN:

MS – 001-19 P1

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de las muestras.

RESULTADOS DE ANÁLISIS

MS-001-19

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO
Textura	-	METODO INTERNO	Franco arcilloso
Humedad	%	GRAVIMETRIA INTERNO	9,64

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara R.
Benito Mendoza T., PhD.


Dr. Juan Carlos Lara R.
TECNICO L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.



INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Jéssica Chacha

INFORME N°: 019 – 18

N° SE: 019 – 18

EMPRESA: Proyecto de Tesis ESPOCH

DIRECCIÓN: Barrio El Condado

FECHA DE RECEPCIÓN: 13 – 12 – 18

TELÉFONO: 0987527118

FECHA DE INFORME: 20– 12 – 18

NÚMERO DE MUESTRAS: 4

TIPO DE MUESTRA: Suelo, Río Blanco

IDENTIFICACIÓN:

MS – 080-18	P2
MS – 081-18	P3
MS – 082-18	P4
MS – 083-18	P5

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de las muestras.

RESULTADOS DE ANÁLISIS

MS-080-19

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO
Textura	-	METODO INTERNO	Limoso
Humedad	%	GRAVIMETRIA INTERNO	8,54

MS-081-19

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO
Textura	-	METODO INTERNO	Franco arenoso
Humedad	%	GRAVIMETRIA INTERNO	9,86

MS-082-19

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO
Textura	-	METODO INTERNO	Limoso
Humedad	%	GRAVIMETRIA INTERNO	7,70

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 1 de 2

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



MS-083-19

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO
Textura	-	METODO INTERNO	Arenoso
Humedad	%	GRAVIMETRIA INTERNO	11,02

NOMBRE: _____

Nº SE: 019-19

DIRECCIÓN: _____

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara R.
Benito Mendoza T., PhD.

FECHA DE RECEPCIÓN: _____

FECHA DE INFORME: 20-12-18

UBICACIÓN DE MUESTRA: _____

TIPO DE MUESTRA: _____


Dr. Juan Carlos Lara R.
TECNICO L.S.A.

IDENTIFICACIÓN:

MS-083-19	01
MS-083-19	02
MS-083-19	03
MS-083-19	04

El laboratorio no respalda los resultados de los análisis, no de las muestras.

REGISTRADO DE ANÁLISIS:

MS-083-19

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO
Textura	-	METODO INTERNO	Arenoso
Humedad	%	GRAVIMETRIA INTERNO	8,67

MS-083-19

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO
Textura	-	METODO INTERNO	Arenoso
Humedad	%	GRAVIMETRIA INTERNO	9,80

MS-083-19

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO
Textura	-	METODO INTERNO	Arenoso
Humedad	%	GRAVIMETRIA INTERNO	7,70

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

ANEXO I: Carta Auspicio GIDAC-ESPOCH



"Saber para Ser"

CARTA AUSPICIO

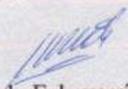
En Riobamba, 31 de Julio de 2018

A quien corresponda:

Quien suscribe, El Centro de Energías Alternativas y Ambiente de la Facultad de Ciencias-GIDAC-ESPOCH se compromete a facilitar la ayuda como la instrumentación necesaria y disponible a las Srtas. Denisse Carolina Costa Tandazo y Jéssica Paola Chacha Gunsha con CI: 2200438105 y CI: 0604254052 correspondiente, para la realización del Proyecto Denominado: **"EVALUACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO BLANCO PARA EL FORTALECIMIENTO Y POLÍTICA COMUNITARIA"** el mismo que es de interés, tanto investigativo como aplicativo en proyectos relacionados pertenecientes al GIDAC-CEAA

Sin otro particular y para constancia.

Atentamente.-


Dra. Magdy Echeverría
Directora GIDAC-ESPOCH



www.ceaaepoch@outlook.com

ANEXO J: Oficio emitido a la EERSA.

**EMPRESA ELECTRICA
RIOBAMBA SA**

Riobamba, 22 de noviembre de 2018

FECHA: 22 / 11 / 2018
HORA: 12:21:25
NUMERO: 4418

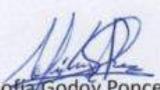
PROCEDENCIA: ingeniero
GODOY SOFIA INC - Calle Saldaña Bravo
GERENTE EERSA
Presente.

De mi consideración:

Reciba un cordial saludo, con base en la reunión obtenida el día miércoles 14 de noviembre en la oficina de Unidad Ambiental de la EERSA con representantes de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH, me permito de la manera más respetuosa hacer la entrega del cronograma de actividades para el desarrollo del trabajo de titulación **"EVALUACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO BLANCO EN EL FORTALECIMIENTO DE SU GESTIÓN Y POLÍTICA COMUNITARIA"** de las srts. JESSICA CHACHA y DENISSE COSTA para su respectiva revisión y aprobación, a la vez que comprometo su cordial colaboración para el cumplimiento de lo expuesto en el documento adjunto.

Segura de contar con su gentil atención, le agradezco.

Atentamente;


Ing. Sofia Godoy Ponce
DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.

ANEXO K: Oficio de respuesta de la EERSA.



Empresa Eléctrica Riobamba S.A.

eersa

Oficio nro: EERSA-SDS-2018-3751-OF

Riobamba 04 de diciembre del 2018

Asunto: Aprobación cronograma Evaluación de huella hídrica sector de Rio Blanco.

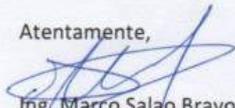
Señora Ingeniera
Sofía Godoy Ponce
**Directora del Trabajo de Titulación de la
Facultad de Ciencias ESPOCH**
Ciudad

De mi consideración:

Luego de expresar un atento saludo, me dirijo a usted, con la finalidad de comunicarle que una vez analizado por los técnicos pertinentes el tema de investigación y el cronograma presentado para la implementación del trabajo de titulación propuesto denominado "EVALUACIÓN DE LA HUELLA HIDRICA DE LA MICROCUENCA DEL RIO BLANCO EN EL FORTALECIMIENTO DE SU GESTIÓN Y POLÍTICA COMUNITARIA" el mismo que será ejecutado por las Srtas. Jessica Chacha y Denisse Costa, y por ser de gran interés contar con esta información por parte de la EERSA ya que en este sector viene funcionando nuestra central hidroeléctrica, por las razones expuestas le comunico que el mismo es aprobado y le solicito muy comedidamente se sirva ponerse en contacto con el personal de la Unidad de Medio Ambiente – SDS para coordinar el inicio de los trabajos indicados en el cronograma antes citado.

Con sentimientos de distinguida consideración.

Atentamente,



Ing. Marco Salao Bravo
GERENTE DE LA EERSA

IF / Paúl

Trabajamos para iluminar tu vida ...

Juan Larrea 2260 y Primera Constituyente // Telfs: 2 962 939 / 2 960 283 / 2 961 966 / 2 964 622 / 2 968 216
WEB Site: www.eersa.com.ec / e-mail: informacion@eersa.com.ec

ANEXO L: Oficio emitido a SENAGUA.



ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

Riobamba, 13-02-2018

Lcd. Luis Olmedo Iza
SUBSECRETARIO DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DE PASTAZA
Presente

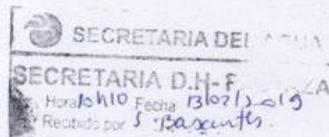
De mi consideración:

Yo Denisse Carolina Costa, con C.I 220043810-5, en calidad de egresada de la carrera de Ing. Biotecnología Ambiental de la ESPOCH, me permito solicitar información actual de las autorizaciones de uso y aprovechamiento existente en el Río Blanco con su respectiva tarifa anual de pago de acuerdo al Banco Nacional de Autorizaciones, debido a que se está realizando un proyecto de tesis titulado "*Evaluación de la huella hídrica de la microcuenca del Río Blanco en el fortalecimiento de su gestión y política comunitaria*".

Por la atención a la presente, le anticipo mis sinceros agradecimientos.

Atentamente,

Costa Tandazo Denisse Carolina
CC: 220043810-5
Celular: 0981337852



ANEXO M: Oficio de respuesta de SENAGUA

Memorando Nro. SENAGUA-SDHP.19-2019-0976-M

Riobamba, 08 de marzo de 2019

PARA: Denisse Carolina Costa Tandazo

ASUNTO: Información autorizaciones de uso Río Blanco

De mi consideración:

En respuesta a la solicitud realizada mediante el Documento reasignado Nro.SENAGUA-SDHP.19-2019-0143-EXT, y Oficio S/N suscrito por la Srta. Denisse Costa, adjunto al presente envío los registros existentes en la plataforma RPA respecto a las autorizaciones vigentes existentes dentro de la Microcuenca del Río Blanco y sobre las autorizaciones otorgadas de la fuente Río Blanco, información que fue remitida por la Ing. Paulina Cando Responsable Técnica del CAC Riobamba y el personal a su cargo, mediante memorando Nro.SENAGUA-CACRB.19.04-2019-0179-M, del 19 de febrero de 2019.

Con sentimientos de distinguida consideración,

Atentamente,

Documento firmado electrónicamente

Lcdo. Luis Olmedo Iza Quinatoa

SUBSECRETARIO DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DE PASTAZA

Referencias:

- SENAGUA-CACRB.19.04-2019-0179-M

Anexos:

- microcuenca_rioblanco.zip
- solicitud_información_autorizaciones_río_blanco_sra._carolina_costa.pdf
- senagua-cacrb.19.04-2019-0177-m.pdf

Copia:

Srta. Ing. Veronica Paulina Cando Velarde
Responsable Técnico Centro de Atención al Ciudadano Riobamba (e)

RKBCH



Firmado electrónicamente por:
**LUIS OLMEDO
IZA**

ANEXO N: Preguntas para la entrevista a pobladores.



ESPOCH
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA CIENCIAS QUÍMICAS

"EVALUACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO BLANCO EN EL FORTALECIMIENTO DE SU GESTIÓN Y POLÍTICA COMUNITARIA."

1. ¿Que conoce del Río Blanco?
2. ¿Qué tipo de agua usa?
Potable Riego Vertiente
3. ¿De dónde proviene el agua que usa?
4. ¿Cuál es el nivel de importancia que usted le da al Río Blanco?
Alta Media Baja
5. ¿En qué actividad utiliza más agua del Río blanco?
6. ¿Cuáles son los meses más lluviosos en este sector?
7. ¿Cuáles son los meses más secos en este sector?
8. ¿Frecuencia con la que realiza el riego
Diario Semanal Mensual Otro
9. ¿Cuántas hectáreas de terreno se riega con agua del Río Blanco?
10. ¿Qué tipo de cultivo cosecha y por qué?
11. ¿En qué se basa para proceder a la siembra?
12. ¿Con que abona o fertiliza sus cultivos?
13. ¿Qué productos químicos utiliza para sus cultivos?
14. ¿Qué tipo de ganado son representativos de la zona?
15. ¿De dónde proviene el alimento para ganado?

INDUSTRIAL

- ¿Cuáles son las especies que cría o reproduce para negocio?
- ¿De dónde obtiene el agua para negocio?
- ¿Por qué implementó su criadero o negocio?
- ¿Cuál es el mercado donde ofrece su producto?
- ¿Aprovecha de alguna manera el agua del Río Blanco para su criadero?
- ¿Dónde envía sus aguas residuales?
- ¿Que productos usa para limpiar las instalaciones del criadero/ quesera?
- ¿Ha tenido algún inconveniente dentro de su negocio/ quesera? ¿Cual?



ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA CIENCIAS QUÍMICAS

PARA TRABAJADORES DE LA EERSA

- ¿Cómo aprovechan el agua del Río Blanco para la hidroeléctrica?
- ¿Cómo considera usted que la hidroeléctrica influye en la hidroeléctrica?
- ¿Por qué consideraron aprovechar el agua del Río Blanco?
- ¿Quiénes son los beneficiarios directos de la hidroeléctrica?
- ¿Ha sido testigo de algún conflicto a causa de la presencia de la hidroeléctrica?



ANEXO O: Registro de personas entrevistadas.



ESPOCH

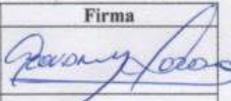
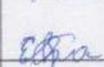
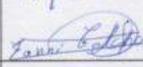
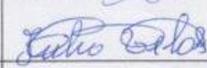
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA CIENCIAS QUÍMICAS

“EVALUACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO BLANCO EN EL FORTALECIMIENTO DE SU GESTIÓN Y POLÍTICA COMUNITARIA.”

REGISTRO DE ENTREVISTADOS

FECHA: _____
 REALIZADO POR: Jessica Chacha, Denisse Costa

Nº	Nombres y Apellidos	Comunidad	Firma
1	Geovany Toranzo H	C.H.R.B	
2	Segundo Yupanguí	Verdepamba	
3	Elba Riquin	Zoila Martínez	
4	Lenny Calcha	Sali	
5	Sandra Flores	Sali	
6	Mario Juyuí	Relcho	
7	Rosali Vercano	Relcho	
8	Amundo Luján	Relcho	
9	Carmen Lescano	Relcho	
10	Lidio Veloz	Verdepamba	
11	Rosario Toro	Verdepamba	
12	Maria Naufrag	Zoila Martínez	
13	Rosa Carrillo	Zoila Martínez	
14	Eufemia Barba	Sali	

Dirección: Panamericana Sur km 1 1/2,
 www.espoch.edu.



ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA CIENCIAS QUÍMICAS

Nº	Nombres y Apellidos	Comunidad	Firma
15	Laura Guaman	Tarou	
16	Notinidad Quinche	Tarua	
17	Angel Ouispe	Tarou	
18	Segundo Guashpa	Candelaria	
19	Melchor Yantalema	Candelaria	
20	Antonio Pizar	Candelaria	
21	Jose Solcha	Candelaria	
22	Eugenia Llangua	Candelaria	
23	Flores Milo Chauarea	Releche	
24	Maria Yantilag	Releche	
25	Manuel Palomari	Releche	
26	Amado Oviedo	Releche	
27	Teresa Pusoy	Releche	
28	Janeth Bedón	Candelaria	