



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS**

**“EVALUACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA DE LA  
MICROCUCENCA DEL RÍO CHIMBORAZO 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: JHENNY MONSERRATH BERRONES PACA**  
**JORGE CHRISTIAN MORETA ESPIN**  
**TUTORA: ING.SOFIA CAROLINA GODOY PONCE.**

**RIOBAMBA- ECUADOR**

**2018**

©2018, Jhenny Monserrath Berrones Paca, Jorge Christian Moreta Espin.

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 CHIMBORAZO EN EL FORTALECIMIENTO DE SU GESTIÓN Y POLÍTICA COMUNITARIA** “de responsabilidad de los señores Jhenny Monserrath Berrones Paca y Jorge Christian Moreta Espin, ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de titulación, quedando autorizada su presentación.

Firma

Fecha

Ing. Sofía Godoy

**DIRECTOR DEL TRABAJO  
DE TITULACIÓN**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Dra. Magdy Echeverría

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Nosotros, Jhenny Monserrath Berrones Paca, Jorge Christian Moreta Espin 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. El patrimonio intelectual del Trabajo de Titulación pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

.....

Jhenny Monserrath Berrones Paca

C.I. 060395344-9

.....

Jorge Christian Moreta Espin

C.I 180436243-0

## DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a Dios por darme la sabiduría para poderlo concluir con éxito. Se lo dedico a mi pequeña Isabella que vino a iluminar mi vida con su llegada, y se convirtió en la motivación más grande de mi vida. A mi compañero de vida, Rodolfo por haberme motivado día a día a ser una mejor persona, por su amor diario, por demostrarme que con esfuerzo y dedicación los sueños se pueden cumplir, por estar a mi lado llenándome de palabras de aliento y ser mi soporte para verme hoy realizada profesionalmente. A mis padres Hugo y Piedad quienes son un pilar fundamental en mi vida, gracias por su apoyo y amor incondicional. A mis abuelitos Victorino y María Cristina que con sus consejos siempre me han alentado y han hecho que mi vida sea más llevadera. A mis hermanos Edwin, Tania y Pamelita que han sabido estar en las buenas y malas. A mis suegros, cuñados, familia, amigos, compañeros y todas aquellas personas que confiaron en mí.

*Jhenny Monserrath Berrones Paca*

Principalmente a Dios el que me ha guiado a tomar las mejores decisiones de mi vida y por darme una familia maravillosa. A mis padres Jorge y Gladis por velar de mi bienestar, por su amor, su comprensión, su paciencia, su apoyo inconmensurable para poder culminar mi carrera profesional y especialmente al haber creído en mí en cada momento. A mi hermana Gessica, por ser la persona más importante de mi vida, la que me ayuda a superarme, dándome su apoyo y aliento a lo largo de este proceso, que día a día me hace seguir creciendo como persona. A mi pequeña sobrina Giannina, quien llego en un momento perfecto a mi vida, llenándola de alegría con sus travesuras y juegos, impulsándome en ser un ejemplo para ella. A mis abuelitos, especialmente a mi papito Segundo el que me aconsejo, cuido y me enseño valores morales mientras estuvo junto a mí, siempre estarás en mi corazón.

*Jorge Christian Moreta Espin*

## **AGRADECIMIENTO**

En primera instancia queremos agradecer a nuestros docentes que fueron nuestros formadores, personas de sabiduría quienes nos han brindado sus conocimientos en toda nuestra etapa universitaria.

Agradecemos a nuestra tutora la ing. Sofía Godoy por el apoyo brindado a lo largo de este duro camino transcurrido, a nuestra asesora la Dra. Magdy Echeverría, al sr. Abraham Atí quien fue nuestro guía y nos ayudó desinteresadamente convirtiéndose en un gran apoyo para nosotros, al GIDAC por su acogida y a todas las personas que nos ayudaron a realizar nuestro trabajo de titulación.

Jhenny & Christian

## TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	xvi
SUMMARY .....	xvii
INTRODUCCIÓN .....	1
<b>CAPÍTULO I</b>	
1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	4
1.1 Antecedentes .....	4
1.2. Marco conceptual .....	5
1.2.1 <i>Cuencas hidrográficas y huella hídrica</i> .....	5
1.2.1.1 <i>Cuenca hidrográfica</i> .....	5
1.2.1.2 <i>Principales Cuencas del Ecuador</i> .....	7
1.2.1.3 <i>La microcuenca como unidad hidrológica</i> .....	7
1.2.1.4 <i>Principales Microcuencas de la provincia de Chimborazo</i> .....	8
1.2.2 <i>Huella hídrica</i> .....	8
1.2.2.1 <i>Evaluación de la huella hídrica</i> .....	8
1.2.2.2 <i>Componentes de la huella hídrica</i> .....	9
1.2.3 <i>Gestión comunitaria y política pública para la evaluación de la huella hídrica</i> 10	
1.2.3.1 <i>Gestión Comunitaria</i> .....	10
1.2.3.2 <i>Entidades de control del recurso hídrico</i> .....	11
1.3 Marco Legal.....	12
1.3.1 <i>Política pública para la gestión de cuencas hídricas en el Ecuador</i> .....	12
<b>CAPÍTULO II</b>	
2. METODOLOGÍA.....	17
2.1 Contabilidad de la huella hídrica de la microcuenca del Río Chimborazo ....	17
2.1.1 <i>Recopilación de Información</i> .....	17

2.1.2	<b>Trabajo de campo</b> .....	17
2.1.2.1	<i>Selección de la muestra</i> .....	18
2.1.2.2	<i>Muestreo de agua</i> .....	19
2.1.2.3	<i>Parámetros medidos in situ</i> .....	19
2.1.2.4	<i>Requerimientos para el software Croptwat</i> .....	21
2.1.2.5	<i>Cálculo de la huella Hídrica por sectores</i> .....	23
2.1.2.5.1	<i>Sector Agrícola</i> .....	23
2.1.2.5.2	<i>Sector Energético</i> .....	25
2.1.2.5.3	<i>Sector Industrial</i> .....	26
2.1.2.5.4	<i>Sector Doméstico</i> .....	27
2.1.2.6	<i>Cálculo de la Huella Hídrica Total de la MCRCH</i> .....	28
2.2	<b>Análisis de Sostenibilidad</b> .....	28
2.2.1	<i>Sostenibilidad ambiental de la huella hídrica azul</i> .....	29
2.2.2	<i>Sostenibilidad ambiental de la huella hídrica verde</i> .....	30
2.2.3	<i>Sostenibilidad ambiental de la huella hídrica gris</i> .....	30
2.2.4	<i>Análisis de la sostenibilidad económica de la huella hídrica</i> .....	31
2.3	<b>Formulación de estrategias para la gestión y política comunitaria en respuesta a la huella hídrica.</b> .....	32
 <b>CAPÍTULO III</b>		
3	<b>RESULTADOS, DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS</b> .....	33
3.1	<b>Contabilidad de la huella hídrica de la microcuenca del Río Chimborazo</b> ....	33
3.1.1	<b>Recopilación de Información</b> .....	33
3.1.2	<b>Trabajo de campo</b> .....	33
3.1.2.2	<i>Muestreo de agua</i> .....	35
3.1.2.3	<i>Parámetros medidos in situ</i> .....	35
3.1.2.4	<i>Requerimientos para el software Croptwat</i> .....	37
3.1.2.5	<i>Calculo de la Huella hídrica por sectores</i> .....	43



3.1.2.5.1	<i>Sector Agrícola</i> .....	43
3.1.2.5.2	<i>Sector Industrial</i> .....	46
3.1.2.5.3	<i>Sector doméstico</i> .....	46
3.1.2.5.4	<i>Sector Energético</i> .....	47
3.1.2.6	<i>Cálculo de la Huella Hídrica Total de la MCRCH</i> .....	48
3.2	<b>Análisis de sostenibilidad</b> .....	51
3.2.1	<i>Sostenibilidad ambiental de la huella hídrica azul</i> .....	51
3.2.2	<i>Sostenibilidad ambiental de la huella hídrica verde</i> .....	51
3.2.3	<i>Sostenibilidad ambiental de la huella hídrica gris</i> .....	52
3.2.4	<i>Análisis de sostenibilidad económica de la huella hídrica</i> .....	53
3.3	<b>Formulación de estrategias para la gestión y política comunitaria en respuesta a la huella hídrica</b> .....	55
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	58
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	59
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
	<b>ANEXOS</b>	

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b> Principales cuencas del Ecuador.....	7
<b>Tabla 2-1:</b> Principales Microcuencas de la provincia de Chimborazo.....	8
<b>Tabla 1-2:</b> Comunidades cercanas a la MRCH.....	18
<b>Tabla 2-2:</b> Parámetros físico-químicos y microbiológicos analizados.....	19
<b>Tabla 3-2:</b> Parámetros in situ.....	19
<b>Tabla 4-2:</b> Modelo para la formulación de estrategias de gestión y política comunitaria.....	32
<b>Tabla 1-3:</b> Puntos de monitoreo seleccionados en la MRCH.....	33
<b>Tabla 2-3:</b> Tamaño de la muestra de la MCRCH.....	34
<b>Tabla 3-3:</b> Resultados de parámetros In situ.....	35
<b>Tabla 4-3:</b> Resultados de Parámetros de laboratorio.....	35
<b>Tabla 5-3:</b> Datos climáticos para el año 2017.....	38
<b>Tabla 6-3:</b> Valores de precipitación y precipitación efectiva para el año 2017.....	39
<b>Tabla 7-3:</b> Valores de coeficiente de crecimiento de cultivo inicial para todos los puntos de la MCRCH.....	39
<b>Tabla 8-3:</b> Ajuste de valores de los coeficientes de crecimiento de cultivo medio y final para los cultivos más representativos de la MCRCH.....	40
<b>Tabla 9-3:</b> Rangos de Altura y Profundidad radicular de los cultivos.....	40
<b>Tabla 10-3:</b> Época de siembra.....	41
<b>Tabla 11-3:</b> Duración de etapas de crecimiento para los cultivos.....	41
<b>Tabla 12-3:</b> Valores de fracción de agotamiento crítico para cada cultivo.....	42
<b>Tabla 13-3:</b> Coeficientes estacionales de respuesta de la productividad de cada cultivo.....	42
<b>Tabla 14-3:</b> Resultados de textura y humedad del suelo.....	42
<b>Tabla 15-3:</b> Valores de infiltración del suelo para cada punto.....	43
<b>Tabla 16-3:</b> Huella hídrica total.....	49
<b>Tabla 17-3:</b> Cálculo del análisis de sostenibilidad huella hídrica azul.....	51

<b>Tabla 18-3:</b> Cálculo del análisis de sostenibilidad huella hídrica verde .....	52
<b>Tabla 19-3:</b> Cálculo del análisis de sostenibilidad huella hídrica gris .....	52
<b>Tabla 20-3:</b> Cálculo de la productividad aparente del agua para el sector agrícola. ....	53
<b>Tabla 21-3:</b> Cálculo de la productividad aparente del agua para el sector industrial.....	53
<b>Tabla 22-3:</b> Cálculo de la productividad aparente del agua para el sector energético. ....	53
<b>Tabla 23-3:</b> Cálculo de la productividad aparente del agua para el sector doméstico. ....	54
<b>Tabla 24-3:</b> Cálculo de la productividad aparente de la tierra. ....	55
<b>Tabla 25-3:</b> Estrategias para la gestión y política comunitaria para el sector Agrícola. ....	56
<b>Tabla 26-3:</b> Estrategias para la gestión y política comunitaria para el sector Energético.....	56
<b>Tabla 27-3:</b> Estrategias para la gestión y política comunitaria para el sector Doméstico.....	57
<b>Tabla 28-3:</b> Estrategias para la gestión y política comunitaria para el sector Industrial.....	57

## INDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-3</b> Parámetros medidos en los puntos de muestreo .....	36
<b>Gráfico 2-3</b> Variación de los coliformes fecales en cada uno de los puntos de muestreo.....	37
<b>Gráfico 3-3</b> Huella Hídrica Azul Agrícola por tonelada de producción .....	43
<b>Gráfico 4-3</b> Huella Hídrica Verde Agrícola por tonelada de producción .....	44
<b>Gráfico 5-3</b> Huella Hídrica Gris Agrícola por tonelada de producción .....	45
<b>Gráfico 6-3</b> Huella Hídrica agrícola.....	45
<b>Gráfico 7-3</b> Huella Hídrica Industrial .....	46
<b>Gráfico 8-3</b> Huella Hídrica doméstica .....	47
<b>Gráfico 9-3</b> Huella Hídrica energética .....	47
<b>Gráfico 10-3</b> Huellas Hídricas por sectores .....	48
<b>Gráfico 11-3</b> Huella Hídrica energética .....	49
<b>Gráfico 12-3</b> Porcentajes de HH Azul por sectores .....	50
<b>Gráfico 13-3</b> Porcentajes de HH Gris por sectores .....	50
<b>Gráfico 14-3</b> Sostenibilidad de las HH Azul, Verde y Gris. ....	52
<b>Gráfico 15-3</b> Compendio de la productividad aparente por sectores. ....	54
<b>Gráfico 16-3</b> Productividad aparente de la tierra. ....	55

## INDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1</b> .....	18
<b>Ecuación 2</b> .....	20
<b>Ecuación 3</b> .....	20
<b>Ecuación 4</b> .....	20
<b>Ecuación 5</b> .....	21
<b>Ecuación 6</b> .....	22
<b>Ecuación 7</b> .....	23
<b>Ecuación 8</b> .....	24
<b>Ecuación 9</b> .....	24
<b>Ecuación 10</b> .....	24
<b>Ecuación 11</b> .....	25
<b>Ecuación 12</b> .....	25
<b>Ecuación 13</b> .....	26
<b>Ecuación 14</b> .....	26
<b>Ecuación 15</b> .....	27
<b>Ecuación 16</b> .....	27
<b>Ecuación 17</b> .....	28
<b>Ecuación 18</b> .....	28
<b>Ecuación 19</b> .....	29
<b>Ecuación 20</b> .....	29
<b>Ecuación 21</b> .....	30
<b>Ecuación 22</b> .....	30
<b>Ecuación 23</b> .....	31
<b>Ecuación 24</b> .....	31
<b>Ecuación 25</b> .....	31

## **INDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A.** Microcuenca del río Chimborazo

**ANEXO B.** Ubicación de los puntos en el área de estudio

**ANEXO C.** Informe de análisis de agua del laboratorio de servicios ambientales

**ANEXO D.** Informe de análisis de suelo del laboratorio de servicios ambientales

**ANEXO E.** Certificado entregado por el GADP San Juan

**ANEXO F.** Oficio emitido por SENAGUA sobre el uso y aprovechamiento del río Chimborazo

**ANEXO G.** Puntos de muestreo

**ANEXO H.** Entrevista a los moradores del río Chimborazo

**ANEXO I.** Muestreo de agua y suelo en campo

**ANEXO J.** Equipos utilizados

**ANEXO K.** Medición de caudales en campo

**ANEXO L.** Infiltración del suelo

**ANEXO M.** Información de los cultivos captada en campo

**ANEXO N.** Registro de las personas entrevistadas

**ANEXO N.** Preguntas para las entrevistas

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

MRCH	Microcuenca del Río Chimborazo
msnm	Metros sobre el nivel del mar
°C	Grados centígrados
L	Litros
L/s	Litros por segundo
m <sup>3</sup>	Metros cúbicos
m <sup>3</sup> /año	Metros cúbicos por año
DBO <sub>5</sub>	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DQO	Demanda Química de Oxígeno
mg/l	Miligramos por litro
Kg/m <sup>3</sup>	Kilogramo por metro cúbico
m/s	Metro por segundo
mm	Milímetro
m	Metro
mm/m	Milímetro por metro
mm/d	Milímetro por día
GJ	Gigajulio
Kc	Coeficiente de cultivo
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
HHA	Huella hídrica azul
HHV	Huella hídrica verde
HHG	Huella hídrica gris
HHT	Huella hídrica total

## **RESUMEN**

El objetivo principal del presente trabajo de titulación fue evaluar la huella hídrica de la microcuenca del río Chimborazo para el fortalecimiento de su gestión y política comunitaria. La evaluación se cuantificó mediante tres indicadores partiendo de la guía metodológica para la evaluación de la huella hídrica en una cuenca hidrográfica, desde un enfoque transversal, el levantamiento de información se lo validó en los meses de marzo y abril. Se obtuvo una Huella Hídrica Verde de 453205.58 m<sup>3</sup>, una Huella Hídrica Azul de 119757.35 m<sup>3</sup> y una Huella Hídrica Gris de 102831.2 m<sup>3</sup>, siendo los mayores aportantes en forma general el sector industrial y doméstico. En base a los índices de escasez se obtuvo un valor de 0.24 para el índice de escasez Verde, 0.4 para el índice de escasez Azul, y 0.01 para el índice de escasez Gris, siendo estos valores menores a uno. Lo que permite determinar que la Microcuenca del Río Chimborazo (MRCH) muestra sostenibilidad en la actualidad, para consumo, disponibilidad y presenta gran capacidad de depuración. Se proponen 17 estrategias de las cuales, 6 son para el sector agrícola, 6 para el sector industrial, 3 para el sector doméstico, y 2 para el energético, permitiendo alternativas de aprovechamiento del recurso hídrico en acciones de protección, prevención, conservación y sostenibilidad de la microcuenca.

## **PALABRAS CLAVE:**

<TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <MEDIO AMBIENTE>, <HUELLA AZUL>, <HUELLA VERDE>, <HUELLA GRIS>, <SOSTENIBILIDAD MEDIOAMBIENTAL>, <RECURSO HIDRICO>.



## **SUMMARY**

The main objective of the present titration work was to evaluate the water footprint of the micro-basin, of the Chimborazo River for the strengthening of its management and community policy. The evaluation was quantified by means of three indicators, starting from the methodological guide for the evaluation of the water footprint in a hydrographic basin, from a transversal approach, the information gathering was validated in the months of March and April. It was obtained: a gray water footprint of 102831.2 m<sup>3</sup>, being the main contributors in general the industrial and domestic sector. Based on the scarcity indexes, a value of 0.24 was obtained for the Green shortage index, 0.4 for the Blue shortage index, and 0.01 for the Gray shortage index, these values being less than one. This allows us to determine that the microbasin of the Chimborazo River (MRCH) shows sustainability at the present time, for consumption, availability and presents great purification capacity. 17 strategies are proposed, of which 6 are for the agricultural sector, 6 for the industrial sector, 3 for the domestic sector, 2 for the energy sector, allowing alternatives for the use of water resources in protection, prevention, conservation and sustainability actions of the micro-basin.

### **KEYWORDS:**

<TECHNOLOGY, AND ENGINEERING SCIENCES> <ENVIRONMENT> <BLUE FOOTPRINT> <GREEN FOOTPRINT> <GRAY FOOTPRINT> <ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY> <HYDRAULIC RESOURCE>.

## INTRODUCCIÓN

Hidrológicamente el Río Chimborazo abastece a tres importantes cuencas hidrográficas generando agua de riego y energía eléctrica a nivel nacional: la cuenca del Río Guayas, la cuenca del Río Santiago y es el principal afluente para la cuenca del Río Pastaza (Gobierno Autonomo Descentralizado de la Provincia de Chimborazo, 2015, p. 34).

Dentro de la cuenca del Río Pastaza, se encuentra la microcuenca del Río Chimborazo, que surge desde los deshielos mismos del volcán Chimborazo siendo la primera configuración hidrológica situada al noreste de la Provincia de Chimborazo a una distancia de 18 Km. de la ciudad de Riobamba (zona 17 UTM) y perteneciente jurídicamente a la parroquia San Juan (Godoy, 2015, p.66).

La Microcuenca del Río Chimborazo tiene una latitud de (9837092,23 - 9814890,79) UTM y una; longitud de (735554,19 - 748150,76) UTM. Posee un área total 1391.44 Ha, una altitud superior de 6310 m. s. n. m e inferior de 2900 m. s. n. m (Bustos, 2007, p.2).

En la provincia de Chimborazo el agua dulce que se encuentra en los páramos es utilizada para diversos usos, acogiendo en su trayecto descargas de varias actividades principalmente la agricultura, ganadería y la industria láctea, los habitantes utilizan directamente el agua de estas fuentes hídricas como uso principal para consumo y regadío (Bustos, 2007, p.2).

Los primeros estudios de cuenca surgieron en España, con ejemplos pioneros como el caso de la cuenca del río Guadiana y del río Guadalquivir .Estudios precursores en el tema son: el caso de la cuenca del río Heihe en China, la recopilación de estudios geográficos de huella hídrica realizada por UNEP (Programa de las Naciones Unidas para el Ambiente) en el 2011 y la aplicación para el área de Hertfordshire y el norte de Londres, Inglaterra, donde estos estudios mostraron con claridad la utilidad de evaluar las huellas hídricas de las cuencas con miras a informar la formulación de estrategias para alcanzar la asignación más eficiente y sostenible posible del agua (Arévalo, 2017, p.7).

En el Ecuador el número de estudios y especialistas en el tema de huella hídrica es muy limitado debido a que la gestión de los recursos hídricos se ha concentrado en la gestión del riego. La evaluación de huella hídrica es una metodología que promueve y apoya el uso sostenible del recurso hídrico a través de información transparente y completa sobre el consumo y la contaminación del agua, en relación con la disponibilidad de esta. (Arévalo, 2017, p.7).

Mediante esta evaluación es más factible conocer cuánta agua es necesaria para la producción agrícola e industrial y cómo evitar el consumo excesivo y mal uso de la misma (Ministerio de Agricultura y Riesgo, n.d., p. 21)

Esta evaluación busca informar sobre el agua dulce consumida por los seres humanos, así como el grado de sostenibilidad de los territorios que proveen estos consumos, con el fin de apoyar la formulación de las estrategias eficientes y realistas para alcanzar un uso sostenible del agua en una cuenca (Becerra et al., 2013, p. 56).

Cuantificar el gasto de agua para obtener bienes y servicios y conocer su composición (agua, verde, gris) permite determinar el nivel de eficiencia, el impacto que se genera al medio ambiente y, lo más importante, identificar oportunidades de mejora (Gómez Larrambe, 2016, p. 13).

Una mejor comprensión del tema puede ayudar a la población local a mejorar su toma de decisiones de política hídrica, agrícola y comercial y a promover un mejor uso del agua. Por ello, resulta necesario fomentar la capacitación en el tema, su difusión y el desarrollo de estudios e investigaciones que permitan validar, actualizar y mejorar la información existente, así como el análisis de las tendencias en los próximos años (Romero et al., 2016, p. 9).

Actualmente en el Ecuador no existen estudios realizados similares en los que se haya evaluado la huella hídrica en microcuencas en la zona de páramo a pesar de la importancia significativa que ésta tiene en la sociedad y en la gestión territorial. Por la mencionada razón, surge la motivación de investigación como una herramienta estratégica para el fomento de la gestión y la política comunitaria de todas aquellas poblaciones influenciadas directamente por la microcuenca Chimborazo.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Evaluar la huella hídrica de la microcuenca del río Chimborazo para el fortalecimiento de su gestión y política comunitaria.

### **Objetivos específicos**

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

# CAPÍTULO I

## 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

### 1.1 Antecedentes

Dentro de los estudios precursores en la evaluación de la huella hídrica se encuentran: el caso de la cuenca del río Heihe en China ,la recopilación de estudios geográficos de huella hídrica realizada por UNEP ,y la aplicación para el área de Hertfordshire y el norte de Londres, Inglaterra ,donde mostraron con claridad la utilidad de evaluar las huellas hídricas de las cuencas con miras a informar la formulación de estrategias para alcanzar la asignación más eficiente y sostenible posible del agua (Arévalo, 2017, p.7).

En el 2011 Lizbette Arrache desarrolló en la Universidad Politécnica de Catalunya el estudio “Intercambio de derechos de uso de agua. Un modelo para la gestión sostenible del recurso hídrico”, contribuye con la relación dinámica entre el Estado y la sociedad en general con respecto a la gestión del recurso hídrico, dar participación a los distintos usuarios dentro de una unidad de gestión, considerando como dicha unidad toda la cuenca hidrográfica (Arrache, 2011, p.5).

En el 2013 Edwin Bulies en la Universidad Nacional de Colombia realizó la investigación titulada “Cuantificación y análisis de sostenibilidad ambiental de la huella hídrica agrícola y pecuarias de la cuenca del río Porce”, El estudio aporta la metodología apropiada para poder cuantificar y analizar la huella hídrica empleando el modelo digital CROPWAT 8.0 (FAO, 2010) (CENTRO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ANTIOQUIA – CTA, 2013, p.8).

En el 2015 el artículo de IDEAM, trabajó la evaluación multisectorial de la huella hídrica en Colombia, cuyo objetivo fue la cuantificación y evaluación de los resultados obtenidos a partir de la estimación de las huellas hídricas azul y verde para cuatro sectores económicos: agropecuario, industrial, energético y petrolero; también se incluyó el componente doméstico (Campuzano, 2015, p.14).

En el 2016 Vanessa Alejandra Novoa Fernández, de la Universidad de Concepción de Chile evaluó la huella hídrica de la cuenca del río Cachapoal para lo cual utilizó como indicadores la huella hídrica azul, verde y la huella hídrica gris. En la cuenca se estableció una huella hídrica agrícola de 15.902 m<sup>3</sup>/ton para el año húmedo, 14091 m<sup>3</sup>/ton para el año normal y 18.221 m<sup>3</sup>/ton

para año seco (Novoa, 2016, p.14).

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, 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 (Pérez, 2012).

En el 2013 Erika Zarate & Derk Kuiper, evaluaron la Huella Hídrica del banano para pequeños productores en Perú y Ecuador aplicando 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 m<sup>3</sup>/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 (Zarate, 2013).

## **1.2. Marco conceptual**

### **1.2.1 *Cuencas hidrográficas y huella hídrica***

#### **1.2.1.1 *Cuenca hidrográfica***

La cuenca hidrográfica se define como una unidad territorial en la cual el agua que cae por precipitación se reúne y escurre a un punto común o que fluye formando un curso principal de agua. Los límites de la cuenca o ‘divisoria de aguas’ se definen naturalmente y corresponden a las partes más altas del área que encierra un río (Redacción LAVOZ, 2011, p. 12).

La cuenca la conforman componentes biofísicos (agua, suelo), biológicos (flora, fauna) y antropogénicos (socioeconómicos, culturales, institucionales), que están todos interrelacionados y en equilibrio entre sí, de tal manera que al afectarse uno de ellos, se produce un desbalance que pone en peligro todo el sistema.

Los recursos naturales (agua, suelo, biodiversidad) de la cuenca son renovables si pueden reemplazarse por vía natural o mediante intervención humana; por el contrario, no son renovables

cuando no se les puede reemplazar en un período de tiempo significativo, en términos de las actividades humanas a las que están sometidos (Bommathanahalli, 1997, pp.19-20).

El balance hídrico de la cuenca, se pueden representar de forma simplificada mediante la fórmula:

$$\Delta S = P - E_s - E_T$$

En donde:

$\Delta S$ : Cambio en la acumulación del agua total en la cuenca.

P: Precipitación

$E_s$ : Escorrentía

$E_T$ : Evapotranspiración (“Análisis de Vulnerabilidad de la cuenca del río Chinchiná,” 2016, p. 2)

La evaluación de huella hídrica aplicada a cuencas busca sumar las huellas hídricas de todos los procesos productivos localizados en el interior de la cuenca con el fin de obtener una visión completa de la situación hídrica territorial, y comprender cuánto del agua disponible en esa cuenca y para un período de tiempo determinado, puede sosteniblemente asignarse para usos humanos. La evaluación busca también 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 (Arévalo, 2017, p.17).

El objetivo primordial del manejo de una cuenca es alcanzar un uso verdaderamente racional de los recursos naturales, en especial el agua, el bosque y el suelo, considerando al hombre y la comunidad como el agente protector o destructor (Sabio Guity, 2000).

El manejo de cuencas consiste en aprovechar y conservar los recursos naturales en función de las necesidades del hombre, para que pueda alcanzar una adecuada calidad de vida en armonía con su medio ambiente. Se trata de hacer un uso apropiado de los recursos naturales para el bienestar de la población, teniendo en cuenta que las generaciones futuras tendrán necesidad de esos mismos recursos, por lo que habrá que conservarlos en calidad y cantidad (Bommathanahalli, 1997, pp.19-20).

### 1.2.1.2 Principales Cuencas del Ecuador

**Tabla 1-1:** Principales cuencas del Ecuador

CUENCA	SUBCUENCA	UBICACIÓN	ÁREA (ha)	% PROVINCIAL	DISPONIBILIDAD DE AGUA (m <sup>3</sup> /año)
GUAYAS	Río Yaguachi	NORTE, SUR Y CENTRO OCCIDENTAL	235479.99	36.28	541.223
PASTAZA	Río Chambo	NORTE Y CENTRO ORIENTAL	354976.22	54.69	557.091
SANTIAGO	Río Upano	SUR ORIENTAL	59605.9	9.02	220.1
			650062.11	100.0	1318.414

**Realizado por:** Jhenny Berrones; Christian Moreta, 2018

**Fuente:** (Ordenamiento Territorial de Chimborazo, 2011, p.61)

### 1.2.1.3 La microcuenca como unidad hidrológica

Las microcuencas son unidades pequeñas y a su vez son áreas donde se originan quebradas y riachuelos que drenan de las laderas y pendientes altas. También las microcuencas constituyen las unidades adecuadas para la planificación de acciones para su manejo (ESTELI, 2002, p. 6).

Una microcuenca hidrográfica es una unidad topográfica/hidrológica de terreno que es drenada por una misma corriente de agua. Las características de esta corriente están en gran parte determinadas por el uso y manejo de la tierra y la cobertura vegetativa de la microcuenca.

Todas las actividades desarrolladas por el hombre en una microcuenca están relacionadas por el ciclo del agua. El manejo de los suelos, el agua y los cultivos realizados en las partes más altas de la microcuenca tendrán a su vez importantes repercusiones sobre los recursos suelo y agua de los predios ubicados aguas abajo (Bahamondes, s.n. p.6).



#### 1.2.1.4 Principales Microcuencas de la provincia de Chimborazo

**Tabla 2-1:** Principales Microcuencas de la provincia de Chimborazo

Microcuenca	Área (ha)	has de Cultivos Apropriados	Oferta Hídrica Actual	Usos
Río Atapo	10925.29	2574.3	20000 m <sup>3</sup> /año	Doméstico (29.68 L/s) Riego (331.5 L/s)
Río Blanco	14504.04	389.96	6.78 m <sup>3</sup> /s	Riego (1951.8 L/s) Doméstico (20.5 L/s) Energía (19,73 L/s)
Territorio Hídrico de Cebadas	43256	1643	5.9 m <sup>3</sup> /s Río Cebadas 1.2 m <sup>3</sup> /s Guarguallá Licto 200 L/s Canal de Riego Cebadas	Doméstico (80.01 L/s) Riego (1026.96 L/s)
Río Chimborazo	1216177	787,39	22000 m <sup>3</sup> /año	Doméstico (36.3 L/s) Riego (81.24 L/s) Abrevaderos (1.6 L/s) Hidráulica (445 L/s)
Río Zula	23647	3776	47000 m <sup>3</sup> /año	Doméstico (101 L/s) Riego (1078 L/s)

**Realizado por:** Jhenny Berrones; Christian Moreta, 2018

**Fuete:** (Ordenamiento Territorial de Chimborazo, 2011, pp.69-63)

Desde el punto de vista altitudinal, la microcuenca del río Chimborazo, se ubica en las cotas 3 260 msnm que corresponde al sitio de descarga de las aguas, previo a la unión con el río La Calera y la cota de 6 310 msnm que corresponde a la cumbre del Nevado Chimborazo.

Políticamente la microcuenca del río Chimborazo se ubica en las parroquias de San Juan y Calpi del cantón Riobamba y en la parroquia San Andrés del cantón Guano, provincia de Chimborazo, Ecuador (Red Consultora Socio Ambiental Tzedaka Cía. LTDA, 2012, p.7).

#### 1.2.2 *Huella hídrica*

La Huella Hídrica, es un indicador de uso de agua dulce que tiene en cuenta usos directos e indirectos del agua consumida por un producto o consumidor; la huella puede ser calculada para un proceso, producto, productor, consumidor o un lugar geográfico. Su unidad está definida en términos de volumen de agua, bien sea consumida o contaminada, en una unidad de tiempo o de producto. (Portafolio Verde, 2011, p.3).

Este indicador se encuentra directamente relacionado con la zona geográfica; por lo tanto, debido a su naturaleza, la Huella Hídrica puede variar dependiendo de la zona espacial y el tiempo en que sea calculada (Portafolio Verde, 2011, p.3).

##### 1.2.2.1 *Evaluación de la huella hídrica*

La evaluación de huella hídrica es una metodología que promueve y apoya el uso sostenible del

recurso hídrico a través de información transparente y completa sobre el consumo y la contaminación del agua, en relación con la disponibilidad de esta. (Torees, 2017, p.9).

Esta evaluación busca informar sobre el agua dulce consumida por los seres humanos, así como el grado de sostenibilidad de los territorios que proveen estos consumos, con el fin de apoyar la formulación de las estrategias eficientes y realistas para alcanzar un uso sostenible del agua en una cuenca (Torees, 2017, p.9).

#### 1.2.2.2 *Componentes de la huella hídrica*

- *Huella hídrica azul*

La huella hídrica azul es el volumen de agua superficial o subterránea perdida a causa de una captación, esto ocurre cuando el agua se evapora, vuelve a otra área de influencia o se incorporan a un producto (Valle et al., 2012, p. 8).

- *Agua azul*

Es aquella procedente de ríos, lagos o acuíferos, la cual aprovecha el hombre para obtener productos y servicios mediante la construcción de determinadas estructuras (presas, canales, bombeos) que facilitan su uso (Sánchez-Mora, 2013, p. 2).

- *Huella hídrica verde*

Se define a la huella hídrica verde como el volumen de agua que proviene de la precipitación que no se ha transformado en escorrentía y es contenida como humedad en el suelo que es evapotranspirada por las plantas y/o incorporada en productos (Donoso, 2016, p. 14).

#### *Agua verde*

Se define como el volumen de agua lluvia almacenada en el suelo como humedad que no se ha transformado en escorrentía al ser evaporada o incorporada en un producto (Cortés et al., 2007, p. 4).

- *Huella hídrica gris*

Se define como el volumen de agua dulce necesario para asimilar la carga de contaminantes por parte de un cuerpo receptor, tomando como referencia las normas de calidad ambiental, asociando

los límites establecidos a una calidad buena para el ambiente y para las personas (OCHOA, 2013, p. 20).

- *Agua gris*

Se define como el agua que está contaminada con sustancias fecales y orina, o que proviene de desechos orgánicos generados por actividades humanas. Su importancia es tal que requiere sistemas de canalización, tratamiento y desalajo debido a sus altas cargas contaminantes (Santana and Martínez, 2013).

### **1.2.3 *Gestión comunitaria y política pública para la evaluación de la huella hídrica***

#### **1.2.3.1 *Gestión Comunitaria***

La gestión comunitaria es un sistema de vida con requerimientos operativos propios, con una organización que establece roles y funciones, y determina los derechos y obligaciones de los usuarios. La gestión se caracteriza por ser un proceso continuo e interactivo que va madurando y adecuándose a cambios institucionales, biofísicos coyunturales, tanto internos como externos. El componente organizativo está relacionado con la toma de decisiones, la coordinación y movilización de recursos, y con el manejo de conflictos entre usuarios, comunidades, instituciones y otros sistemas. (López, 2013, p.75).

Para entender los sistemas de gestión se deben tomar en cuenta a todos los usuarios o instituciones involucradas en un sistema en este caso, la microcuenca del río Chimborazo. Partiendo de este planteamiento sobre la gestión, “los usuarios del recurso hídrico ya no son solamente familias o entidades con intereses en el riego (u otros fines como el agua de consumo, la ganadería, el turismo, etc.) sino que responden a intereses diversos que confluyen en la demanda del agua” (López, 2013, p.75).

La política comunitaria tiene como meta alcanzar un nivel de protección, conservación y la mejora de la calidad del medio ambiente basándose en principios de acciones preventivas, teniendo presente la biodiversidad existente dentro del área de las comunidades, además, exigir la protección del medio ambiente asegurando la integración de políticas que posean las comunidades que permitan el desarrollo de las actividades socioeconómicas dentro de las comunidades. (Gutiérrez, 2013).

### 1.2.3.2 *Entidades de control del recurso hídrico*

#### *Secretaría del Agua*

La secretaria del Agua, garantizará de manera eficiente el cumplimiento de los derechos consagrados en la constitución, referente al acceso, uso y aprovechamiento justo y equitativo del agua a través de una gestión integral e integrada del recurso hídrico (SECRETARÍA DEL AGUA – ECUADOR, s.n.).

#### *Agencia de Regulación y Control del Agua*

La Agencia de regulación y control del Agua (ARCA), creada mediante decreto ejecutivo N° 310 del 17 de abril del 2014, ejerce 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, la calidad de los servicios públicos relacionados al sector agua y en todos los usos y aprovechamiento y destinos del agua (AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DEL AGUA (ARCA) – ECUADOR, 2014).

#### *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 METEOROLÓGICO E HIDROLÓGICO, ECUADOR – (INAMHI). s. n.).

#### *Ministerio del Ambiente del Ecuador*

Es el organismo del Estado ecuatoriano encargado de diseñar las políticas ambientales y coordinar las estrategias, los proyectos y programas para el cuidado de los ecosistemas y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales (MINISTERIO DEL AMBIENTE – ECUADOR. s.n.).

#### *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 – ECUADOR, s.n., p.10).

### **1.3 Marco Legal**

#### 1.3.1 *Política pública para la gestión de cuencas hídricas en el Ecuador*

##### *Constitución de la República del Ecuador*

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

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.282.- El Estado regulará el uso y manejo del agua de riego para la producción de alimentos, bajo los principios de equidad, eficiencia y sostenibilidad ambiental”.

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.

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)*

*TITULO PRIMERO LA AUTORIDAD UNICA DEL AGUA*

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.

*TITULO SEGUNDO LAS ORGANIZACIONES DE USUARIOS Y LOS CONSEJOS DE CUENCA*

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*

## TÍTULO I

### DISPOSICIONES PRELIMINARES

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

## Título II

### RECURSOS HÍDRICOS

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.

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.

Título III

## DERECHOS, GARANTÍAS Y OBLIGACIONES

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.



## Título IV

### APROVECHAMIENTO DEL 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.

## Título V

### INFRACCIONES, SANCIONES Y RESPONSABILIDADES

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.

## CAPÍTULO II

### 2. METODOLOGÍA

#### 2.1 Contabilidad de la huella hídrica de la microcuenca del Río Chimborazo

##### 2.1.1 *Recopilación de Información*

La información recolectada fue proveniente de 2 fuentes: como fuente primaria, los datos levantados en campo (información fue precisa y específica para cada tramo de la MRCH). La fuente secundaria, emitida por entidades oficiales específicamente de la provincia de Chimborazo: SENAGUA, GADP SAN JUAN, INIAP, MAG, UCEM, Estación Agrometereológica ESPOCH, Estación Metereológica de SAN JUAN.

##### 2.1.2 *Trabajo de campo*

La evaluación de la Huella Hídrica implicó obtener información puntual de ciertos parámetros y criterios propios de la zona de estudio. A través de visitas de campo conjunto con el Centro de Investigación GIDAC de la Facultad de Ciencias se realizó el recorrido de la microcuenca del río Chimborazo identificando diversas actividades antropogénicas cerca de la zona de estudio. Para la determinación de puntos de monitoreo se realizó el contacto con un guía de la zona quien dotó de información de primer orden para la definición de los tramos más representativos de la microcuenca del río Chimborazo, para el efecto se consideraron los siguientes factores:

- **Accesibilidad.** - Para la selección de los lugares sujeto de estudio se consideraron aquellos de fácil acceso peatonal, tomando en consideración las características del lugar y las condiciones climatológicas, asegurando la integridad personal y disminuyendo el riesgo a cualquier tipo de accidente.
- **Representatividad.** - Se recolectaron muestras de agua y de suelo, los puntos de recolección de las muestras respectivas fueron representativas, para ello se tomaron muestras homogéneas que garantizarán la confiabilidad de los resultados.
- **Confluencia.** - La toma de muestras se realizó después de la confluencia de 2 o más afluentes naturales, siguiendo la correspondiente cadena de custodia.

Es así que tomado en cuenta los factores enunciados se seleccionaron 5 puntos de muestreo en las siguientes comunidades:

**Tabla 1-2:** Comunidades cercanas a la MRCH.

PUNTOS	COMUNIDADES CERCANAS
1	Chorrera - Mirador
	San Pablo Pulingui
2	Chinigua
3	Calera Yumi
	Calerita Baja
4	Chimborazo
	Santa Isabel
5	Shobol Llinllin
	Guabug

**Realizado por:** Jhenny Berrones; Christian Moreta, 2018

#### 2.1.2.1 Selección de la muestra

Para determinar el tamaño de la muestra se levantaron inicialmente datos base de la población de aquellas comunidades cercanas a los puntos de muestreo seleccionados previamente en la MRCH, dicha información fue recabada de: el PDOT (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia San Juan) e INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos).

Para el cálculo del tamaño de la muestra se consideró una población finita conociendo el número de habitantes de cada comunidad, al aplicar la fórmula descrita posteriormente se obtuvo el número de habitantes que a ser entrevistados en cada punto sujeto de estudio.

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q} \quad \text{Ecuación 1.}$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra

N= Población

Z= Nivel de confianza (1,96)

p= Probabilidad de éxito (0.05)

q= Probabilidad de fracaso (0.95)

E= error máximo admisible (0.05)

Encontrado el tamaño de la muestra de cada uno de los puntos, se propuso utilizar como estrategia de campo entrevistas semi estructuradas con un lenguaje sencillo y de fácil comprensión para los actores sociales proveedores de información, para quienes se formularon preguntas con base en las actividades propias del lugar que requieren el

recurso hídrico para llevarse a cabo. Entre las actividades destacadas se encuentran aquellas de los sectores agrícola, doméstico, industrial y energético.

#### 2.1.2.2 Muestreo de agua

##### *Caracterización Física, Química y microbiológica.*

El muestreo de agua se ejecutó mediante un muestreo puntual, en cada uno de los tramos se realizó una dispersión vertical y lateral tanto a lo ancho y profundo del río para tener homogeneidad en cada muestra.

Para la conservación y muestreo de agua se tomó en cuenta el protocolo de Standard Methods 1060 para parámetros físicos-químicos y Standard Methods 9010 para análisis microbiológicos. Para el análisis físico químico (turbiedad, DBO5, DQO, Oxígeno Disuelto, aceites y grasas, nitritos, nitratos) se tomaron 1000ml de agua en botellas de plástico blanco; mientras que para el análisis microbiológico (coliformes fecales) se tomaron 100ml de agua en un recipiente estéril. Las muestras fueron previamente etiquetadas y transportadas en un cooler perfectamente sellado para su posterior análisis en el laboratorio de servicios ambientales de la UNACH.

El análisis de los parámetros físicos temperatura y pH se realizaron in situ con el equipo Multiparámetros TDSHI991301 y para la determinación de la presencia y/o ausencia de material flotante se consideró la observación directa.

**Tabla 2-2:** Parámetros físico-químicos y microbiológicos analizados.

Parámetros	Tipo de análisis
Coliformes fecales	Laboratorio
Oxígeno disuelto	Laboratorio
Turbiedad	Laboratorio
DBO5	Laboratorio
DQO	Laboratorio
Nitrógeno amoniacal	Laboratorio
Nitratos	Laboratorio
Nitritos	Laboratorio
Aceites y grasas	Laboratorio

**Realizado por:** Jhenny Berrones; Christian Moreta, 2018

#### 2.1.2.3 Parámetros medidos in situ

**Tabla 2-3:** Parámetros in situ.

Parámetros	Tipo de análisis
T°	In situ
pH	In situ
Materia flotante	In situ
Caudal	In situ

**Realizado por:** Jhenny Berrones; Christian Moreta, 2018

### *Medición de caudal*

Para la medición de caudales dentro de la MRCH se aplicó el método del flotador y sección transversal, como flotador se utilizaron pelotas de plástico.

Fue necesario delimitar el río una vez encontrado un tramo recto de su recorrido con una distancia de 10 m sin obstáculos en su trayecto. Para determinar el tiempo que transcurre en el recorrido del flotador desde el punto inicial al punto de llegada; se llevó a cabo cinco repeticiones.

Obtenido los datos de tiempo se calculó la velocidad promedio de la microcuenca:

$$V = \frac{d}{t} \quad \text{Ecuación 2.}$$

Donde:

V: velocidad (m/s).

d= distancia del recorrido (m).

t= tiempo promedio recorrido del flotador (s).

El área transversal del Río se lo determinó con su profundidad y ancho. Para determinar la profundidad del río se establecieron cinco puntos de medida, mientras que para el ancho la medición fue al inicio y final del tramo. Con los datos encontrados, se calculó el valor promedio de las variables profundidad y ancho, para posterior a ello obtener su área transversal:

$$A_t = w * P \quad \text{Ecuación 3.}$$

Donde:

A<sub>t</sub>: área transversal (m<sup>2</sup>).

W: ancho del río (m).

P: Profundidad del río (m).

Para obtener el valor del caudal por este método se aplicó la ecuación:

$$Q = A_t * V * c \quad \text{Ecuación 4.}$$

Donde:

Q: caudal (m<sup>3</sup>/s).

A<sub>t</sub>: área transversal (m<sup>2</sup>).

V: velocidad (m/s).

C: factor de corrección o correlación.

#### 2.1.2.4 *Requerimientos para el software Cromptwat*

Para el cálculo de la huella hídrica se aplicó la Guía metodológica para la evaluación de la huella hídrica en una cuenca hidrográfica del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) publicada en el 2017.

La cuantificación de la huella hídrica fue ejecutada en el software CROPWAT 8.0 que ha sido ampliamente utilizado en diversos estudios de Huella Hídrica a nivel mundial. Este Software utiliza el método Penman-Monteith que es el único recomendado por la FAO y que permite calcular el requerimiento de agua por cada tipo de cultivo a través de la Evotranspiración. Para el desarrollo del respectivo modelo se requirió profundizar en 3 variables diferentes: clima, cultivo y suelos.

#### **Clima**

Para los datos del clima de la zona de estudio, se tomó la información de la estación Agrometeorológica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y de la estación Meteorológica de San Juan siendo esta la más representativa de la zona. Ambas estaciones están ubicadas en la provincia de Chimborazo y de las cuales se obtuvieron datos de Temperatura, Humedad relativa, radiación, Velocidad del viento y Precipitación para el año 2017, con esta información se trabajó para todos los cultivos que se analizaron al interior de la MRCH.

#### **Cultivo**

##### *Ajuste de $K_{C_{med}}$ y $K_{C_{final}}$*

Dentro de la variable cultivo se requirió de diferentes parámetros que fueron recogidos en campo y ajustados a la realidad de la zona de estudio para la adquisición de resultados más confiables. Los coeficientes de cultivo ( $K_{C_{med}}$  y  $K_{C_{fin}}$ ) se ajustaron de acuerdo a la fórmula establecida por el estudio de riego y drenaje de la FAO:

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

Ecuación 5.

Donde:

$K_{C_{med}}(C_{ua})$ : Valor de  $K_{C_{med}}$  obtenida del cuadro de valores de coeficientes únicos de cultivo ( $K_c$ ) de la FAO,

$U_2$ : Valor medio diario de la velocidad del viento [ $ms^{-1}$ ],

$HR_{min}$ : Valor medio diario de humedad relativa mínima [%],

H: Altura media de las plantas [m]

$$K_{c_{final}} = K_{c_{final}}(C_{ua}) + [0.04(u_2 - 2) - 0.004(HR_{min} - 45)] \left(\frac{h}{3}\right)^{0.3} \quad \text{Ecuación 6.}$$

Donde:

$K_{C_{fin}}(C_{ua})$ : Valor de  $K_{C_{fin}}$  obtenida del cuadro de valores de coeficientes únicos de cultivo ( $K_c$ ) de la FAO,

$U_2$ : Valor medio diario de la velocidad del viento [ $ms^{-1}$ ],

$HR_{min}$ : Valor medio diario de humedad relativa mínima [%],

H: Altura media de las plantas [m]

Dicho ajuste se realizó para los cultivos más representativos de la zona de estudio que fueron: pasto, alfalfa, cebolla blanca, papas y habas, resultado de las entrevistas realizadas a los habitantes de los puntos seleccionados de la MCRCH y confirmadas mediante observación directa.

#### *Profundidad radicular y altura de las plantas*

Para la determinación de la profundidad radicular se buscó cada uno de los cultivos seleccionados y con la aprobación de los propietarios de los terrenos se excavó con una pala alrededor de la planta y una vez encontrado el inicio de la raíz se la extrajo, y se midió la profundidad radicular y la altura de la planta.

#### *Fecha de siembra y cosecha*

Estos datos fueron adquiridos directamente de las entrevistas realizadas a los habitantes de la MRCH.

#### *Etapas, Fracción de agotamiento crítico, Respuesta de rendimiento*

La obtención de estos datos fue directamente del estudio de riego y drenaje de la FAO que nos presenta tablas con valores que son específicos para cada cultivo.

## Suelo

### *Humedad y textura*

Para la determinación de los valores de humedad y textura del suelo se realizó un muestreo simple para cada uno de los tramos donde establece una sola extracción de suelo a 25 cm de profundidad mediante el uso de una pala. Cada muestra contuvo 1 Kg de suelo homogéneo, fueron perfectamente selladas en fundas ziplog y trasladadas inmediatamente para su análisis en el laboratorio de servicios ambientales de la UNACH.

### *Tasa máxima de Infiltración*

El método implementado fue el del anillo simple. Antes de instalar el infiltrómetro fue necesario limpiar el suelo de plantas e impurezas que pudieron interponerse en el flujo normal del agua, se seleccionó un lugar plano y óptimo para el cilindro metálico con un diámetro de 30 cm enterrado a unos 10 cm de profundidad lo más vertical posible, posteriormente con un metro y un cronómetro se registraron las variaciones de la altura del agua a un tiempo de 5 minutos. Para el cálculo se utilizó el método logarítmico:

$$R = \frac{N1 - N2}{\Delta t} \quad \text{Ecuación 7.}$$

Donde:

R: velocidad de infiltración (mm/d)

N1 y N2: variación de altura del agua (mm)

$\Delta t$ : tiempo parcial (d)

#### 2.1.2.5 *Cálculo de la huella Hídrica por sectores*

##### 2.1.2.5.1 *Sector Agrícola*

Los requerimientos de agua verde y azul se estimaron mediante la modelación de las variables para cada cultivo. Para ello se utilizó el modelo CROPWAT 8.0 de la FAO.

### *Huella Azul y Verde del sector agrícola*

Esta huella está presente en el sector agrícola por el agua consumida que es abastecida mediante riego, se estimó utilizando el modelo FAO CROPWAT 8.0.



El componente azul de la evapotranspiración correspondió al mínimo entre el requerimiento de riego y la irrigación efectiva:

$$ET_{Azul} = \min (\text{Requerimiento de Riego, Irrigación efectiva}) \quad \text{Ecuación 8.}$$

$$ET_{Verde} = \min(\text{Requerimiento Hídrico cultivo, Precipitación efectiva}) \quad \text{Ecuación 9.}$$

Llegados a este punto, es importante aclarar algunos términos que difieren de las fórmulas empleadas para la contabilidad de las huellas hídricas verde y azul, según la guía metodológica para la evaluación de la huella hídrica en una cuenca hidrográfica y la versión en español del software CROPWAT.

Requerimiento hídrico del cultivo = Uso potencial de agua del cultivo

Precipitación efectiva = Precipitación efectiva

Requerimiento de riego = Requerimientos reales de riego

Irrigación efectiva = Lámina neta total

Una vez conseguido este valor se realizó el factor de conversión de mm a m<sup>3</sup>/ha y se dividió entre el rendimiento de cada cultivo, dato que fue obtenido de la INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias) y del MAG (Ministerio de Agricultura).

$$HH \text{ Azul A} = \sum \frac{CWU}{Y} \quad \text{Ecuación 10.}$$

Donde:

HH Azul A: Huella Hídrica Azul del sector agrícola (m<sup>3</sup>/t).

CWU: Consumo de agua de cultivo (m<sup>3</sup>/ha).

Y: Rendimiento de cada cultivo (t/ha).

Para la huella hídrica verde se debió tomar en cuenta que el suelo tiene un déficit de humedad en cosecha que ha sido evotranspirada de cada cultivo.

$$ET_{Verde}T = \text{Evapotranspiración de agua verde} + \text{déficit de humedad de cosecha}$$

*Huella Gris agrícola*

Para La estimación de la Huella Hídrica Gris se utilizó como referente la presencia de nitrógeno amoniacal que corresponde a la cantidad aplicada de fertilizante que manejan los agricultores para sus cultivos, multiplicada por la fracción de escorrentía del producto expresada en %. La concentración máxima y natural corresponde al nitrógeno amoniacal referente para cada cultivo según lo expuesto en el TULSMA (Texto unificado de legislación secundaria del medio ambiente).

Fue necesario dividir sobre el rendimiento de cada cultivo para establecerse en las mismas unidades de la huella azul y verde del mismo sector mediante la siguiente fórmula:

$$HH \text{ Gris A} = \sum \frac{(AR * \alpha)}{(C_{max} - C_{nat})} \cdot Y \quad \text{Ecuación 11.}$$

Donde:

HH Gris A: Huella Hídrica Gris del sector agrícola (m<sup>3</sup>/t).

AR: Cantidad aplicada de fertilizante por hectárea (Kg/ha).

$\alpha$ : fracción de escorrentía del producto expresada en % (10%).

C<sub>max</sub>: Concentración máxima nitrógeno amoniacal (Kg/m<sup>3</sup>).

C<sub>nat</sub>: Concentración natural nitrógeno amoniacal (Kg/m<sup>3</sup>).

Y: Rendimiento de cada cultivo (t/ha).

#### 2.1.2.5.2 Sector Energético

La Huella Hídrica del sector energético se calculó de la mini central hidroeléctrica de la Unión Cementera Nacional de la parroquia de San Juan.

#### *Huella Azul Energética*

Para la estimación de la Huella Azul Energética, se obtuvo el volumen de agua evaporada del embalse y la energía total generada por la mini hidroeléctrica que se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$HH \text{ Azul E} = \frac{AE}{EG} \quad \text{Ecuación 12.}$$

Donde:

HH Azul E: Huella Hídrica Azul energética (m<sup>3</sup>/GJ).

AE: volumen de agua evaporada en el embalse (m<sup>3</sup>).

EG: cantidad de energía generada (GJ).

### *Huella Gris Energética*

Para la determinación de la Huella Gris se consideró los valores de caudal de entrada de la mini hidroeléctrica y la concentración natural y máxima para el parámetro DQO.

$$\text{HH Gris E} = \frac{(Q_e * C_e)}{C_{\text{max}} - C_{\text{nat}}} \quad \text{Ecuación 13.}$$

Donde:

HH Gris E: Huella Hídrica Gris energética (m<sup>3</sup>/año).

Q<sub>e</sub>: Caudal de entrada de la hidroeléctrica (l/s)

C<sub>e</sub>: Concentración de entrada de la hidroeléctrica (mg/l)

C<sub>max</sub>: Concentración máxima (mg/l)

C<sub>nat</sub>: Concentración natural de un cuerpo de agua (mg/l)

#### 2.1.2.5.3 *Sector Industrial*

Para la estimación de la Huella Hídrica industrial, no se estimó la Huella Hídrica Verde pues en la industria no intervino la producción de cultivos que son los que aportan con valores para la misma, por tal razón solo se determinó la Huella Hídrica Azul y Gris.

### *Huella Azul Industrial*

La Huella Azul fue cuantificada con una diferencia entre el volumen de agua destinada a las actividades industriales y el volumen de descarga posteriormente a su utilización.

$$\text{HH Azul I} = \text{Afluente} - \text{Efluente} \quad \text{Ecuación 14.}$$

Donde:

HH Azul I: Huella Hídrica Azul Industrial (m<sup>3</sup>/año).

Afluente: Volumen de agua destinada a las actividades industriales (m<sup>3</sup>/año).

Efluente: Volumen de agua descargada posteriormente a su utilización (m<sup>3</sup>/año).

Debido a la hidrografía del sector donde las cuencas abastecedoras y de recepción de descargas no son las mismas fue posible asumir que el efluente de la microcuenca sea cero.

### *Huella Gris Industrial*

Se consideró el agua dulce requerida para asimilar los contaminantes aceites y grasas. Dadas las concentraciones naturales y los estándares ambientales para una descarga un cuerpo de agua, se estimó con la siguiente formula:

$$HH \text{ Gris I} = \frac{Q * C}{C_{\max} - C_{\text{nat}}} \quad \text{Ecuación 15.}$$

HH Gris I: Huella Hídrica Gris Industrial ( $\text{m}^3/\text{año}$ ).

Q: Caudal de salida del sector industrial (l/s).

C: Concentración aceites y grasas (mg/l).

$C_{\max}$ : Concentración máxima (mg/l)

$C_{\text{nat}}$ : Concentración natural de un cuerpo de agua (mg/l)

#### 2.1.2.5.4 *Sector Doméstico*

Esta estimación se efectuó con una orientación al consumo de agua por cada habitante de la muestra seleccionada. A causa de la ausencia de actividades productivas en el lugar de estudio, tan sólo se calculó la huella hídrica azul y gris.

### *Huella Azul Doméstica*

En la determinación de la Huella Azul, se propuso una diferencia entre el volumen de agua destinada a la actividad evaluada (valor a pagar del servicio de agua en cada punto) y el volumen de agua calculada.

$$HH \text{ Azul D} = \text{Afluente} - \text{Efluente} \quad \text{Ecuación 16.}$$

Donde:

HH Azul D: Huella Hídrica Azul Doméstica ( $\text{m}^3/\text{año}$ ).

Afluente: Volumen de agua destinada a la actividad doméstica ( $\text{m}^3/\text{año}$ ).

Efluente: Volumen de agua calculada ( $\text{m}^3/\text{año}$ ).

Debido a la hidrografía del sector donde las cuencas abastecedoras y de recepción de descargas no son las mismas fue posible asumir que el efluente de la microcuenca era cero.

### *Huella Gris Doméstica*

Para la huella Gris se tomó en consideración el agua dulce que se requirió para asimilar los contaminantes como DBO<sub>5</sub>, dados las concentraciones naturales y los estándares ambientales de calidad de agua. Se estimó con la siguiente formula:

$$HH \text{ Gris D} = \frac{Q * C}{C_{\max} - C_{\text{nat}}} \quad \text{Ecuación 17.}$$

HH Gris D: Huella Hídrica Gris Doméstica (m<sup>3</sup>/año).

Q: Caudal de salida del sector Doméstico (l/s).

C: Concentración DBO<sub>5</sub> (mg/l).

C<sub>max</sub>: Concentración máxima DBO<sub>5</sub> (mg/l)

C<sub>nat</sub>: Concentración natural de un cuerpo de agua DBO<sub>5</sub> (mg/l)

#### 2.1.2.6 *Cálculo de la Huella Hídrica Total de la MCRCH*

La huella hídrica de una microcuenca se calcula como la sumatoria de las huellas hídricas de todos los procesos que ocurren en el interior de esta:

$$HH_{\text{area}} = HH_{\text{sect}[A]} + HH_{\text{sect}[E]} + HH_{\text{sect}[I]} + HH_{\text{sect}[D]} \quad \text{Ecuación 18.}$$

Donde:

HH<sub>area</sub>: Se define como la huella hídrica del área geográficamente delimitada, en este caso la microcuenca.

HH<sub>sec A</sub>: como la huella hídrica del sector “A” en cuestión, que hace referencia sector Agrícola.

HH<sub>sec E</sub>: como la huella hídrica del sector “E” en cuestión, que hace referencia sector Energético.

HH<sub>sec I</sub>: como la huella hídrica del sector “I” en cuestión, que hace referencia sector Industrial.

HH<sub>sec D</sub>: como la huella hídrica del sector “D” en cuestión, que hace referencia sector Doméstico.

## 2.2 **Análisis de Sostenibilidad**

Se tuvo en consideración el criterio establecido en la guía metodológica para la evaluación de la huella hídrica en una cuenca hidrográfica:

$E < 1$ : sostenibilidad

$E = 1$ : utiliza el agua total

$E > 1$ : insostenibilidad

### 2.2.1 *Sostenibilidad ambiental de la huella hídrica azul*

El análisis de sostenibilidad ambiental de la huella hídrica azul relaciona la oferta de agua y el caudal ecológico.

#### *Disponibilidad de agua azul*

$$DA_{Azul} = \text{Oferta} - \text{Caudal ecológico} \quad \text{Ecuación 19.}$$

Donde:

Oferta: Corresponde a la escorrentía natural, es decir, antes de la intervención humana.

Caudal ecológico: Se refiere a la cantidad necesaria de agua para que los ecosistemas y las necesidades básicas humanas se mantengan.

Las metodologías para la implementación del caudal ecológico están aún pendientes de ser construidas por la Secretaría del Agua (SENAGUA) y el Ministerio del Ambiente de Ecuador. Hasta que se desarrolle esta norma, el reglamento de la Ley de recursos hídricos del Ecuador define el caudal ecológico como el 10% del caudal medio mensual multianual en una de sus transitorias.

#### *Escasez de agua Azul*

La escasez de agua azul se calculó relacionando la huella hídrica total azul dividida para la disponibilidad de agua azul.

$$E_{Azul} = \sum \frac{HHAzul}{DA_{Azul}} \quad \text{Ecuación 20.}$$

Donde:

$HH_{Azul}$ : huella hídrica azul total de la microcuenca y

$DA_{Azul}$ : Disponibilidad de agua Azul

### 2.2.2 Sostenibilidad ambiental de la huella hídrica verde

El análisis de sostenibilidad de la huella hídrica verde busca la cuantificación de agua verde total en la microcuenca.

#### *Disponibilidad de agua verde*

La disponibilidad de agua verde se estimó teniendo en cuenta los flujos evaporativos de agua almacenada en el suelo como humedad proveniente de la precipitación, es decir, teniendo en cuenta la evapotranspiración real que toma lugar en la microcuenca.

$$DA_{Verde} = ET_{Verde} - ET_{Zonas\ protegidas} - ET_{No\ prod}$$

$$DA_{Verde} = ET_{Verde} - ET_{Zonas\ protegidas} - ET_{No\ prod}$$

$$DA_{Verde} = ET_{Verde} \quad \text{Ecuación 21.}$$

Para el caso la disponibilidad de agua verde fue igual a la Evotranspiración verde debido a que no se tomó en cuenta la ET de zonas protegidas y la ET No producidas, debido a que dichos valores son tomados en cuenta cuando se desarrollan actividades agrícolas o ganaderas en un área natural protegida. Aquí se genera una competencia entre el medio ambiente y los sectores productivos por el agua verde, y cabe recalcar que en el Ecuador la legislación controla la conservación de las áreas protegidas, evitando invasiones en las mismas.

#### *Escasez de agua verde*

$$E_{Verde} = \sum \frac{HH_{Verde}}{DA_{Verde}} \quad \text{Ecuación 22.}$$

Donde:

HH<sub>Azul</sub>: huella hídrica verde total de la microcuenca y

DA<sub>Azul</sub>: Disponibilidad de agua verde.

### 2.2.3 Sostenibilidad ambiental de la huella hídrica gris

La sostenibilidad en esta Huella Hídrica Gris, se lo evaluó determinando el Nivel de contaminación de agua (NCA).

$$NCA = \frac{HH_{\text{Gris}}}{R_{\text{real}}} \quad \text{Ecuación 23.}$$

Donde:

$HH_{\text{Gris}}$ : Huella hídrica Gris

$R_{\text{real}}$ : Escorrentía Real

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.

#### 2.2.4 *Análisis de la sostenibilidad económica de la huella hídrica*

El análisis de sostenibilidad económica de la huella hídrica permitió comparar la eficiencia económica del uso del agua entre las diferentes actividades productivas que se llevan a cabo dentro de la MRCH.

##### *Productividad aparente del agua*

$$APW_{\text{Azul}} = \frac{\text{Precio de mercado (\$/unidad de producto)}}{HH \text{ Azul (m}^3\text{/unidad de producto)}} \quad \text{Ecuación 24.}$$

En donde:

APW azul: Productividad aparente del agua azul,  $\$/\text{m}^3$  de agua azul consumida

APW verde: Productividad aparente del agua verde,  $\$/\text{m}^3$  de agua verde consumida

##### *Productividad aparente de la tierra*

Este indicador representa el valor económico a precios constantes por hectárea de tierra cultivada, aplicada solo para el sector agrícola.

$$ALP = \text{Precio de mercado } \frac{\$}{\text{ton}} * \text{rendimiento } \frac{\text{ton}}{\text{hec}} \quad \text{Ecuación 25.}$$

Donde:



ALP= Productividad Aparente de la Tierra

Rendimiento= Rendimiento de cada cultivo

### 2.3 **Formulación de estrategias para la gestión y política comunitaria en respuesta a la huella hídrica.**

La formulación de estrategias para la gestión y política comunitaria en respuesta a la huella hídrica se basó en las directrices y lineamientos territoriales del Plan Nacional de Desarrollo “TODA UNA VIDA”, realizando una vinculación entre los resultados obtenidos de las huellas hídricas verde, azul y gris para cada uno de los sectores de la MCRCH.

**Tabla 2-4:** Modelo para la formulación de estrategias de gestión y política comunitaria.

SECTOR	SOSTENIBILIDAD			ESTRATEGIAS RELACIONADAS CON LA PLANIFICACIÓN NACIONAL PLAN TODA UNA VIDA
	HHVERDE	HHAZUL	HH GRIS	DIRECTRICES Y LINEAMIENTOS TERRITORIALES

Realizado por: Jhenny Berrones; Christian Moreta, 2018

## CAPÍTULO III

### 3 RESULTADOS, DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 3.1 Contabilidad de la huella hídrica de la microcuenca del Río Chimborazo

##### 3.1.1 *Recopilación de Información*

##### 3.1.2 *Trabajo de campo*

Los puntos de muestreo fueron tomados en el área de estudio durante las salidas de campo realizadas, los mismos se muestran en la tabla 1-3 y en el Anexo B podemos apreciar la ubicación cartográfica de cada punto de muestreo.

**Tabla 1-3:** Puntos de monitoreo seleccionados en la MRCH.

PUNTOS	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD
P1	740022.66	9831648.82	3975 m
P2	742565.15	9829304.06	3641 m
P3	744044.75	9827352.69	3505 m
P4	746221.67	9824674.47	3381 m
P5	746191.17	9822020.08	3299 m

Realizado por: Jhenny Berrones; Christian Moreta, 2018

**P1:** Se encuentra ubicado en la microcuenca del río Chimborazo en el Sector conocido como Chorrera - Mirador, en las coordenadas 740022.66 de longitud y 9831648.82 de latitud a una altitud de 3975 m.s.n.m., dentro de la reserva faunística Chimborazo. Es uno de los aportantes al río Chimborazo. (Anexo G)

**P2:** Se encuentra ubicado en la microcuenca del río Chimborazo en el Sector conocido Chinigua en las coordenadas 742565.15 de longitud y 9829304.06 de latitud a una altitud de 3641 m.s.n.m., en este punto el cauce principal recibe el aporte de 2 vertientes, aguas abajo de esta zona la Unión Cementera Nacional canaliza en su totalidad el caudal para uso hidroeléctrico.

En esta área se encuentra poca afluencia de ganado y asentamientos poblados. (Anexo G)

**P3:** Se encuentra ubicado en la microcuenca del río Chimborazo en el Sector conocido como Calera Yumi, en las coordenadas 744044.75 de longitud y 9827352.69 de latitud, a una altitud de 3505 m.s.n.m., en este punto se encuentra ubicada la hidroeléctrica de la Unión Cementera Nacional misma que usa el recurso hídrico para producir energía.

En esta zona se pudo observar presencia de ganado vacuno y pocos asentamientos poblacionales.

(Anexo G)

**P4:** Se encuentra ubicado en la microcuenca del río Chimborazo en el Sector conocido como, Chimborazo en las coordenadas 746221.67 de longitud y 9824674.47 de latitud, a una altitud de 3381m.s.n.m., en este punto se desarrolla el mayor porcentaje de actividades principalmente la agricultura, ganadería y elaboración de queso, viéndose afectado el recurso hídrico por aguas residuales de vertidos domésticos y actividades industriales. (Anexo G)

**P5:** Se encuentra ubicado en la microcuenca del río Chimborazo en el Sector conocido como, Shoboll Llinllin en las coordenadas 746191.17 de longitud y 9822020.08 de latitud, a una altitud de 3299 m.s.n.m. En esta zona en su gran mayoría la población desarrolla prácticas agrícolas y utilizan el agua del río para regadío de cultivos, además también se evidencia la crianza de ganado vacuno. (Anexo G)

### 3.1.2.1 Selección de la muestra.

Con relación al tamaño de la muestra una vez aplicada la fórmula se obtuvo los valores que se muestran a continuación en la tabla 2-3.

**Tabla 2-3:** Tamaño de la muestra de la MCRCH

Puntos	N	n
P1	-	-
P2	70	36
P3	-	-
P4	400	62
P5	500	64
<b>Total</b>		<b>166</b>

Realizado por: Jhenny Berrones; Christian Moreta, 2018

El **P1** se encuentra ubicado en el sector Chorrera-Mirador en el cual no se realizó el cálculo del número de entrevistas, por su ubicación geográfica no existían asentamientos poblacionales. En el **P2** ubicado en el sector Chinigua que tiene una población aproximada de 70 habitantes mayores de edad se obtuvo un número de 36 entrevistados, sin embargo, dichas entrevistas no se llevaron a cabo debido a la negativa del presidente de la Comunidad el cual negó el acceso a causa de inconvenientes previos con personal externo a la comunidad. En el **P3** ubicado en el sector Calera Yumi no se realizó el cálculo del número de entrevistas al no existir asentamientos poblacionales. Por el contrario, en el **P4** ubicado en el sector Comunidad Chimborazo que tiene una población aproximada de 400 habitantes mayores de edad, se determinó un número de 62 entrevistados y finalmente en el **P5** ubicado en el sector Shoboll Llinllin que cuenta con una población aproximada de 500 habitantes mayores de edad, se consiguió un número de 64 entrevistados, dando como resultado final un valor de 166 entrevistas realizadas.

### 3.1.2.2 Muestreo de agua

### 3.1.2.3 Parámetros medidos in situ

Los parámetros medidos In situ: pH, temperatura, material flotante y caudal de los 5 puntos muestreados arrojaron los datos que se observan en la tabla 3-3:

**Tabla 3-3:** Resultados de parámetros In situ.

Parámetros	Puntos					PROMEDIO
	P1	P2	P3	P4	P5	
Q(m <sup>3</sup> /s)	0.088	0.169	0.098	0.394	0.857	0.321
T°	10.3	12.1	11.2	11.9	16.5	12.48
pH	8.2	8.51	8.63	8.38	8.41	8.43
Materia flotante	ausencia	presencia	presencia	presencia	presencia	presencia

Realizado por: Jhenny Berrones; Christian Moreta, 2018

Se obtuvo un caudal medio de 0.321 m<sup>3</sup>/s, esto se debe a la topografía de la zona que denota una gran variabilidad entre los 5 puntos muestreados, ya que se encuentran a diferentes altitudes. Se determinó también una temperatura de 12.48 °C, se observa que esta va aumentando a medida que la altitud va disminuyendo, el aumento de temperatura en el segundo punto con referencia al tercero es porque la vegetación protege de la corriente de viento. Un pH básico de 8,43, valor muy próximo al rango de 7 a 9 reportado en estudios similares de la MRCH y solamente en el **P1** se observó ausencia de material flotante respecto a los demás puntos eso se debe a que en este punto aún no se encuentra intervenido por la presencia humana.

Los resultados de las muestras de agua analizadas en el laboratorio de Servicios Ambientales se muestran en la siguiente tabla 4-3:

**Tabla 4-3:** Resultados de Parámetros de laboratorio.

Parámetros	Unidades	Puntos				
		P1	P2	P3	P4	P5
Coliformes fecales	NMP/100ml	<1 ausencia	12	<1 ausencia	19	37
Oxígeno disuelto		5.81	-	-	-	-
Turbiedad	UNT	0.45	7.23	5.41	5.92	5.87
DBO5	mg/l	0.20	1.10	0.80	5.10	0.30
DQO	mg/l	1	3	2	14	1
Nitrógeno amoniacal	mg/l	3.6	-	-	15.2	-
Nitratos	mg/l	-	0.033	0.006	0.007	0.014
Nitritos	mg/l	-	10.7	6.9	12.1	12.3
Aceites y grasas	mg/l	-	-	-	0.3	0.09

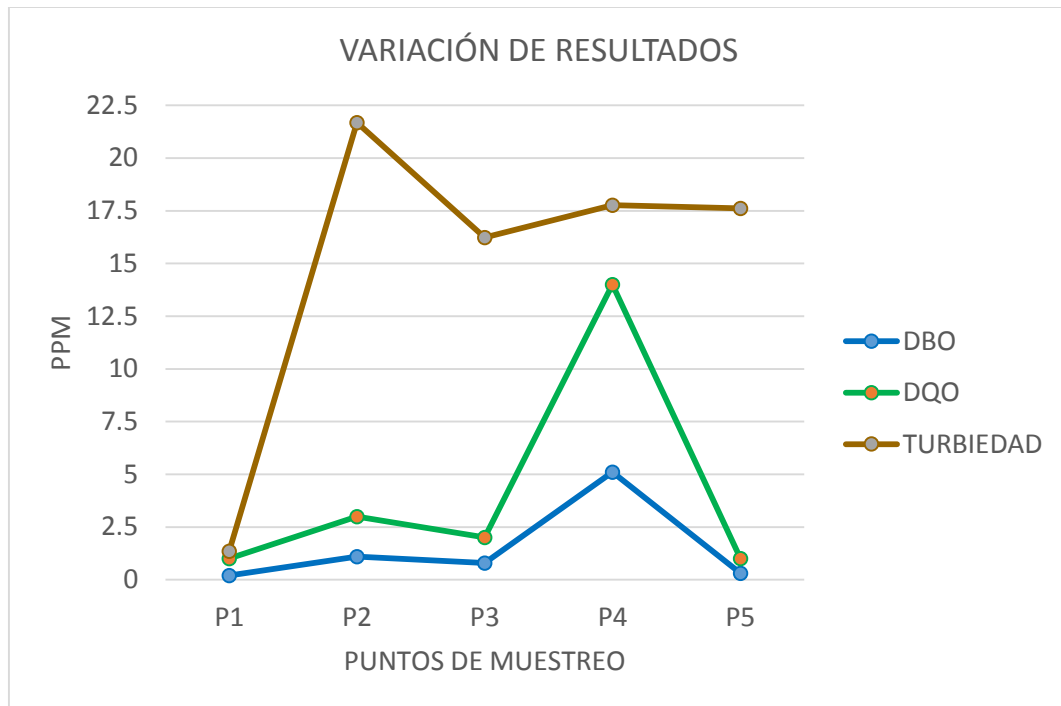
Realizado por: Jhenny Berrones; Christian Moreta, 2018

Fuente: Laboratorio de Servicio ambientales, 2018

Podemos observar que no en todos los puntos se analizaron los mismos parámetros pues se

consideró el análisis de las actividades antrópicas dentro de la MRCH y que tienen influencia en el recurso hídrico.

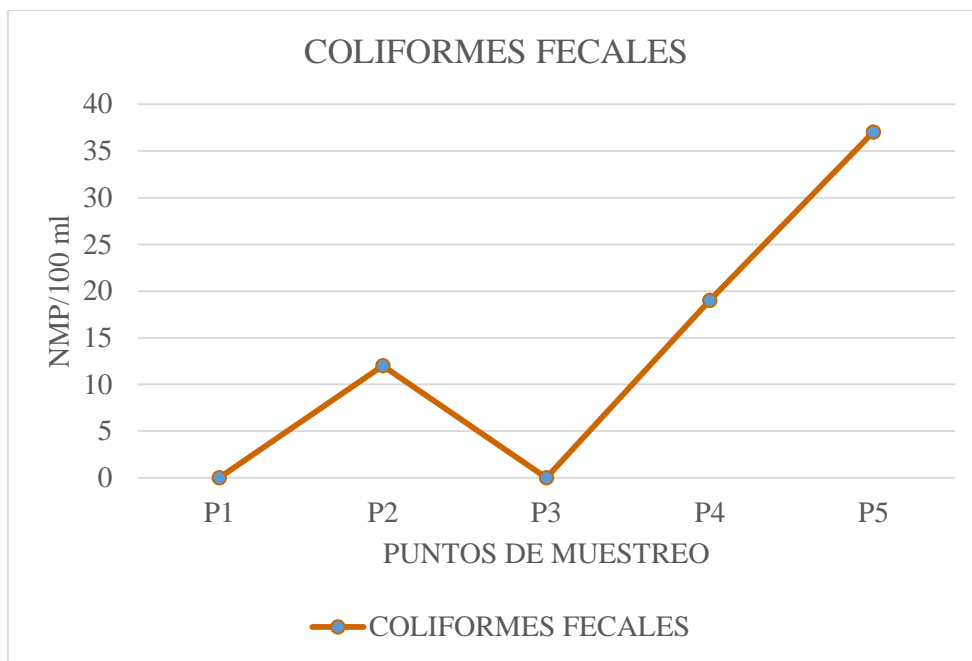
Los análisis realizados para todos los puntos fueron DBO<sub>5</sub>, DQO, Turbiedad y Coliformes fecales. (Ver gráfico 1-3 y gráfico 2-3)



**Gráfico 1-3.** Parámetros medidos en los puntos de muestreo

**Realizado por:** Jhenny Berrones; Christian Moreta, 2018

En el P1 los valores de los parámetros analizados son bajos debido a que no existen asentamientos poblacionales como presencia de animales que alteren el medio. En el P2 existe un incremento significativo de turbidez respecto de la DBO<sub>5</sub> y la DQO como consecuencia del crecimiento del cauce. Por otra parte, en el P3 disminuyeron los valores de los parámetros considerando que esto se debe a la presencia de la Unión Cementera Nacional que para sus funciones de operación retienen parte del cuerpo de agua en su embalse y se estima que existe un proceso de oxigenación. En el P4 los parámetros de DBO<sub>5</sub> y DQO tienden a elevarse en comparación de los demás puntos analizados debido a la materia biológica en descomposición generada por actividades antropogénicas, al contrario de esto en el P5 tiende a bajar la DBO<sub>5</sub> y DQO por lo que se considera que existió una autodepuración del medio natural. La turbidez tanto para el P4 y P5 no presenta cambios, sino que se mantiene debido a sus condiciones similares.



**Gráfico 2-3.** Variación de coliformes fecales en cada uno de los puntos de muestreo.

Realizado por: Jhenny Berrones; Christian Moreta, 2018

Se puede observar que el P5 presenta las concentraciones más altas de coliformes fecales pues a medida que avanza el río en su cauce diversas actividades y procesos van alterando el recurso. En el P4 y P5 la presencia de ganado vacuno es predominante en comparación del P1 y P2. En el P3 se redujo la concentración de coliformes fecales presumiblemente por la existencia de la pequeña hidroeléctrica de la Unión Cementera Nacional que recepta el agua de la microcuenca para la generación de energía y por lo que el movimiento de sus turbinas incrementa el Oxígeno disuelto.

#### 3.1.2.4 *Requerimientos para el software Cropwat*

Para la utilización del respectivo modelo se requirió profundizar diferentes variables que se detallan a continuación.

### **Clima**

La caracterización climatológica se consideró a través de los valores mínimos, máximos y promedios a nivel mensual para el año 2017, dichos valores se observan tabla 5-3.

**Tabla 5-3:** Datos climáticos del año 2017.

AÑO 2017							
MESES	TEMPERATURA		HUMEDAD RELATIVA	VELOCIDAD DE VIENTO	INSOLACIÓN	RADIACIÓN	Eto
	Min	Max	Max	SpdAvg	h	MJ/m <sup>2</sup> /día	mm/día
ENERO	9.8	11.2	81.2	1.9	7	19.8	2.97
FEBRERO	10.1	11.4	79.9	1.9	6.5	19.6	3.03
MARZO	9.8	11	87.5	1.5	8	22.1	3.19
ABRIL	10.3	11.6	85.8	1.8	10	24.4	3.43
MAYO	10.1	11.5	84.1	1.7	9	21.5	3.06
JUNIO	9.6	11.1	82.2	1.9	8.7	20.3	2.87
JULIO	8.5	10	78	2.5	8	19.6	2.77
AGOSTO	8.8	10.5	75.3	2.4	8.2	21.0	3.04
SEPTIEMBRE	9.6	11.2	75.4	2.3	8.9	223.1	3.39
OCTUBRE	9.9	11.5	78.6	0.7	7	20.3	3.17
NOVIEMBRE	10.5	12.4	71.5	0.5	7.6	20.8	3.31
DICIEMBRE	9.7	11.2	79.9	1.7	7.5	20.3	3.05
PROMEDIO	<b>9.7</b>	<b>11.2</b>	<b>80.0</b>	<b>1.7</b>	<b>8.0</b>	<b>21.1</b>	<b>2.11</b>

Realizado por: Jhenny Berrones; Christian Moreta, 2018

Fuente: (CROPWAT 8.0)

En la tabla 5-3 se pueden observar los valores de temperatura mínima oscilaban entre 8.5 °C en el mes de Julio a 10.5 °C en el mes de Noviembre; con un promedio de 9.7 °C anual, a su vez la temperatura máxima osciló entre 10 °C en el mes de Julio a 12.4 °C en el mes de Noviembre; con un promedio de 11.2 °C anual, mientras los valores de humedad relativa oscilaron entre 71.5 la mínima en el mes de noviembre y 87.5 como máxima en el mes de Marzo; con un promedio de 80 anual. Para la velocidad de viento un valor mínimo de 0.5 m/s en el mes de noviembre a 2.5 m/s en el mes de Julio como máximo y un valor promedio anual de 1.7, por otra parte, la duración de insolación mínima fue de 6.5 horas en el mes de febrero a 10 horas en el mes de abril y un promedio anual de 8 horas, de este modo se calculó el promedio anual de radiación 21.1 MJ/m<sup>2</sup>/día y de Evotranspiración 2.11 mm/día respectivamente.

### *Precipitación*

Para el estudio fue necesario contar con datos de precipitación mensuales de la zona de estudio que fueron tomados de la estación Agrometeorológica de la ESPOCH, y son presentados en la tabla 6-3.

**Tabla 6-3:** Valores de precipitación y precipitación efectiva para el año 2017.

	<b>PRECIPITACIÓN (mm)</b>	<b>PRECIPITACIÓN EFECTIVA (mm)</b>
<b>Enero</b>	82.2	41.8
<b>Febrero</b>	124	75.2
<b>Marzo</b>	149.2	95.4
<b>Abril</b>	59	25.4
<b>Mayo</b>	67.9	30.7
<b>Junio</b>	82	41.6
<b>Julio</b>	8	0
<b>Agosto</b>	25.2	5.1
<b>Septiembre</b>	12.8	0
<b>Octubre</b>	41.2	14.7
<b>Noviembre</b>	49.2	19.5
<b>Diciembre</b>	69.5	31.7
<b>Total</b>	<b>770.2</b>	<b>381.1</b>

Realizado por: Jhenny Berrones; Christian Moreta, 2018

Fuente: (CROPWAT 8.0)

La tabla anterior muestra la variación de la precipitación mínima y máxima que varían entre 8 mm en el mes de Julio a 149.2 en el mes de marzo y un valor anual total de 770.2 mm, cabe aclarar que la precipitación efectiva se obtuvo del software CROPWAT 8.0 a través de la fórmula FAO/AGLW teniendo como resultado un valor total anual de 381.1.

### **Cultivo**

El coeficiente del cultivo depende del tipo de cultivo y su fase de desarrollo, para el  $K_c$  inicial se tomó los valores del Estudio FAO riego y drenaje.

**Tabla 7-3:** Valores de coeficiente de crecimiento de cultivo inicial para todos los puntos de la MCRCH.

<b>Cultivos</b>	<b>KC inicial</b>
Pasto	0.30
Alfalfa	0.40
Papas	0.50
Cebolla	0.70
Habas	0.50

Realizado por: Jhenny Berrones; Christian Moreta, 2018

Fuente: (Estudio FAO riego y drenaje, 2006, p.131)

### *Ajuste de $K_c$ medio y $K_c$ final*

Se realizó el ajuste de  $K_{c\text{media}}$  Y  $K_{c\text{final}}$  para obtener datos acordes a los cultivos propios de la zona de estudio, obteniendo como resultados los valores que se observan en la Tabla 8-3.



**Tabla 8-3:** Ajuste de valores de los coeficientes de crecimiento de cultivo medio y final para los cultivos más representativos de la MCRCH.

Cultivos	KC media	KC final
Pasto	0.67	0.67
Alfalfa	0.86	0.80
Papas	1.06	1.03
Cebolla	0.91	0.91
Habas	1.06	0.98

**Realizado por:** Jhenny Berrones; Christian Moreta, 2018

La tabla 8-3 muestra valores ajustados de coeficientes de crecimiento de cultivo medio y final que comparados con los valores del estudio de riego y drenaje de la FAO dio valores de  $Kc_{media}$  0.75 y  $Kc_{final}$  de 0.75 para el pasto, para la alfalfa  $Kc_{media}$  0.95 y  $Kc_{final}$  de 0.90, para las papas  $Kc_{media}$  1.15 y  $Kc_{final}$  de 0.75, para la cebolla  $Kc_{media}$  1.00 y  $Kc_{final}$  de 1.00 y finalmente para las habas de  $Kc_{media}$  1.15 y  $Kc_{final}$  de 1.10. Se debe enfatizar que se realizaron estos ajustes para obtener valores propios de la zona de estudio con diferentes condiciones climáticas y gran variedad de tipos de suelos, que comparados con los valores de la FAO no tuvieron gran variación, lo que demostró que dichos ajustes estaban dentro de los valores ya establecidos.

#### *Profundidad radicular y altura de las plantas*

Los datos referentes a la profundidad radicular y altura de las plantas muestran los valores en la Tabla 9-3.

**Tabla 9-3:** Rangos de Altura y Profundidad radicular de los cultivos.

CULTIVO	ALTURA CULTIVOS (m)		PROFUNDIDAD RADICULAR (m)	
	MEDIA	FINAL	MINIMO	MÁXIMO
Habas	0.57	1.30	0.28	0.67
Cebolla	0.46	0.62	0.3	0.45
Papas	0.54	0.26	0.25	0.49
Pasto	0.43	0.36	0.4	1.3
Alfalfa	0.9	0.95	0.9	1.8

**Realizado por:** Jhenny Berrones, Christian Moreta, 2018

Los rangos de altura y profundidad radicular variaron dependiendo del cultivo, los mismos que requirieron diferente clima, suelo y cantidad de agua. En el estudio de la FAO de riego y drenaje, las habas fue el producto agrícola que tuvo mayor altura: 0.8 m y una profundidad radicular que oscilaba entre 0.5 m a 0.7 m, mientras que la cebolla tuvo una altura de 0.3 y una profundidad radicular de 0.3 m a 0.6 m; las papas una altura de 0,6 m con una profundidad radicular que varió de 0,4 m a 0.6 m, el pasto fue la especie con menor altura de todas las especies estudiadas con un 0.10 m y una profundidad radicular de 0.5 m a 1.5, en el caso de la alfalfa tuvo una altura de 0.7 y una profundidad radicular de 1.0 m a 2.0 respectivamente, estos valores nos indicaron que están

dentro del rango que recomienda la FAO .

*Fecha de siembra*

Es la fecha en que inicia el ciclo productivo del cultivo y depende de las características fisiológicas y del clima de la zona. (Ver Tabla 10-3)

**Tabla 10-3:** Época de siembra.

CULTIVO	EPOCA
Habas	Abril, Julio o Agosto
Papas	todo el año
Cebolla	enero
Pasto	todo el año
Alfalfa	todo el año

**Realizado por:** Jhenny Berrones, Christian Moreta, 2018

Esta información se adquirió de las entrevistas realizadas a los agricultores de la zona, quienes indicaron los meses más favorables para la siembra de cada producto. La cosecha no tiene una fecha exacta debido que va a depender de la variedad de cada cultivo, la papa se siembra todo el año solo para el consumo de los habitantes en pequeñas parcelas. La actividad que genera más recursos económicos a los habitantes de la MRCH es la venta de leche por lo que sus habitantes se han dedicado a gran escala al cultivo de pasto y alfalfa siendo este el cultivo más representativo de la zona de estudio.

*Etapas de crecimiento, fracción de agotamiento crítico, respuesta de rendimiento*

Estos valores fueron extraídos del Estudio de riego y drenaje de la FAO para cada tipo de cultivo (Ver tabla 11-3, tabla 12-3 y tabla 13-3)

**Tabla 11-3:** Duración de etapas de crecimiento para los cultivos.

ETAPAS					
Cultivo	Ini	Des	Med	Fin	Total
Alfalfa	10	20	20	10	60
Pasto	25	25	15	10	75
Habas	90	45	40	60	235
Papas	25	30	45	30	130
Cebolla	25	30	10	5	70

**Realizado Por:** Jhenny Berrones, Christian Moreta, 2018

**Fuente:** (Estudio FAO riego y drenaje, 2006, p.104)

**Tabla 12-3:** Valores de fracción de agotamiento crítico para cada cultivo.

CULTIVO	Agotamiento crítico		
	INICIAL	MEDIO	FINAL
Habas	0.45	0.5	0.53
Papas	0.35	0.4	0.43
Cebolla	0.3	0.35	0.38
Pasto	0.6	0.64	0.68
Alfalfa	0.55	0.6	0.63

**Realizado Por:** Jhenny Berrones, Christian Moreta, 2018

**Fuente:** (Estudio FAO riego y drenaje, 2006, p.184)

**Tabla 13-3:** Coeficientes estacionales de respuesta de la productividad de cada cultivo.

CULTIVO	F. RESPUESTA RENDIMIENTO				
Habas	0.75	0.85	0.95	1	1.05
Papas	0.7	0.8	0.9	1	1.1
Cebolla	0.75	0.85	0.95	1.05	1.1
Pasto	0.7	0.8	0.9	0.95	1
Alfalfa	0.7	0.8	0.9	1	1.1

**Realizado por:** Jhenny Berrones, Christian Moreta, 2018

**Fuente:** (Estudio FAO riego y drenaje, 2006, p.202)

### *Humedad y textura*

Para la caracterización del suelo fue necesario analizar en cada punto de muestro su textura y humedad, los resultados obtenidos se encuentran en la tabla 14-3

**Tabla 14-3:** Resultados de textura y humedad del suelo.

Puntos	Textura	Humedad(mm/m)
P1	franco-limoso	100
P2	franco-limoso	100
P3	arenoso	60
P4	franco-arenoso	100
P5	franco-arenoso	100

**Realizado por:** Jhenny Berrones; Christian Moreta, 2018

**Fuente:** Laboratorio de Servicio ambientales ,2018

El P1 y P2 poseen las mismas características de un suelo franco-limoso propias de un páramo herbáceo con una humedad del 100 mm/m, que representa la cantidad de agua disponible para cada cultivo, mientras tanto el P3 con una humedad de 60 mm/m tiene un suelo de textura arenosa que de acuerdo con (Sierra, 1999) en su documento: Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador continental corresponde a un bosque Siempreverde, por el contrario en el P4 y P5 se identifica al suelo franco-arenoso con una humedad del 100 mm/m que corresponde a un Bosque Siempreverde Montano Alto, dichos datos se utilizaron para obtener el requerimiento de agua de cada cultivo en el software CROPWAT.

### Tasa máxima de infiltración

**Tabla 15-3:** Valores de infiltración del suelo para cada punto.

PUNTOS	TEXTURA	R(mm/d)
P1	Franco-limoso	258,2
P2	Franco-limoso	258.2
P3	Arenoso	118.12
P4	Franco-arenoso	86.5
P5	Franco-arenoso	86.5

Realizado por: Jhenny Berrones, Christian Moreta, 2018

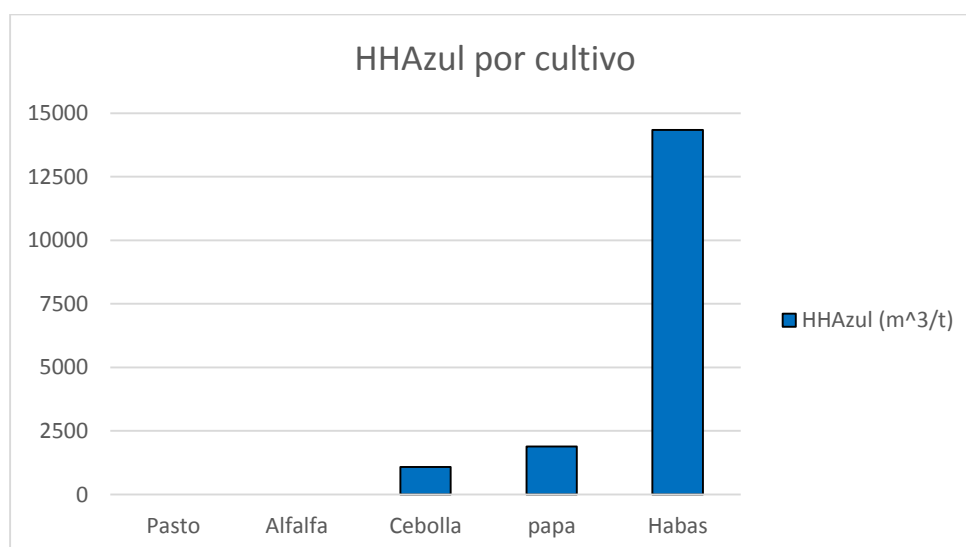
La tasa máxima de infiltración se realizó para cada textura de suelo encontrada en los 5 puntos de muestreo de la MRCH, el P1 y P2 con textura franco-limoso tuvo un valor de 258.2 mm/d teniendo el valor más alto de consumo de agua en cambio el P3 con una textura arenosa tuvo un 118.12 mm/d y finalmente el P4 y P5 con textura franco arenoso con un valor de 86.5 mm/d siendo el de menor valor.

#### 3.1.2.5 Cálculo de la Huella hídrica por sectores

##### 3.1.2.5.1 Sector Agrícola

#### Huella hídrica por cultivo

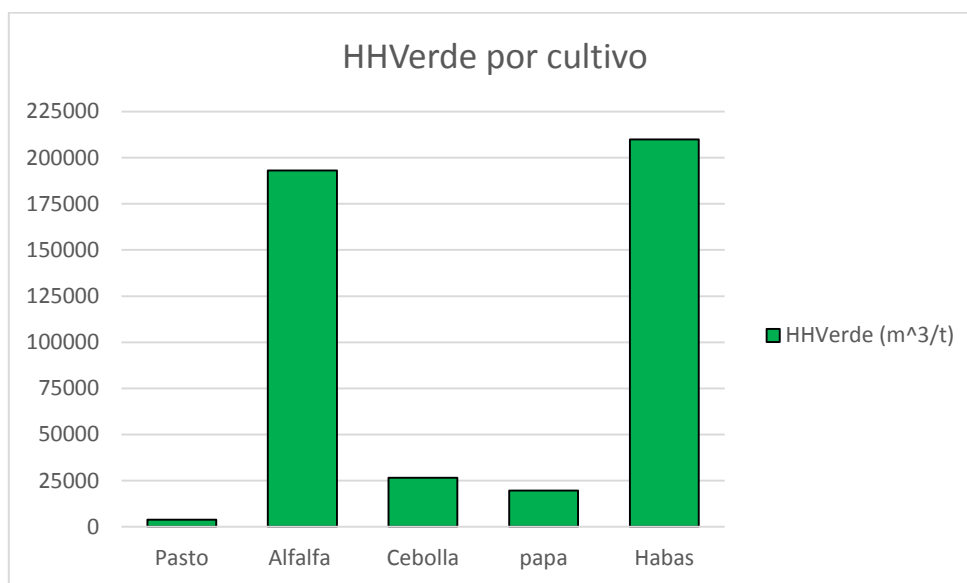
Las Huellas Hídricas del sector Agrícola se cuantificaron en función al volumen de agua utilizada para producir una tonelada de cultivo, y expresa los cultivos que necesitan volúmenes importantes para producir una tonelada, como se observa en el gráfico 3-3, gráfico 4-3 y gráfico 5-3.



**Gráfico 3-3.** Huella Hídrica Azul Agrícola por tonelada de producción

Realizado por: Jhenny Berrones; Christian Moreta, 2018

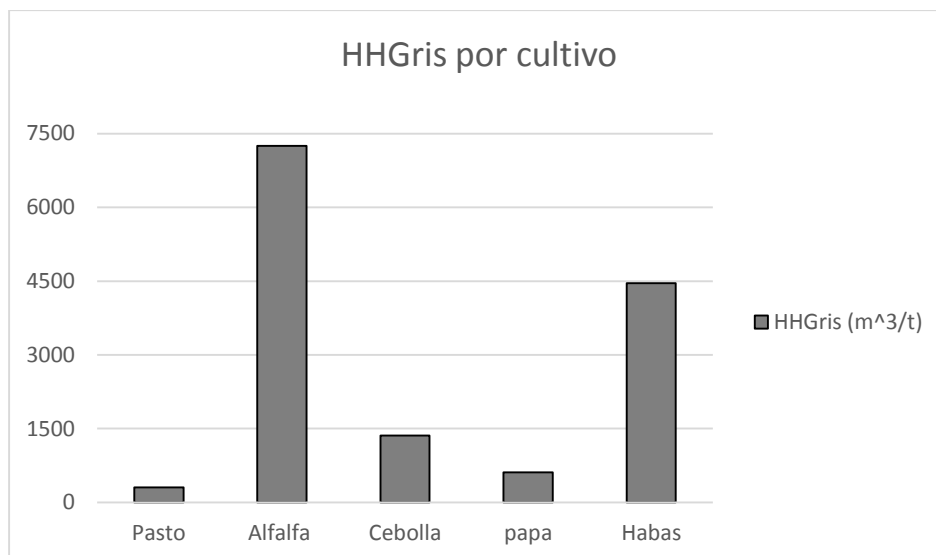
El principal aportante de la Huella Hídrica agrícola azul fueron las Habas con un valor de 14342.18 m<sup>3</sup> al año por cada tonelada producida, su período de siembra se lo realizó en los meses considerados “secos”, por lo que el requerimiento de agua fue grande, es decir que este debió ser suplido mediante riego motivo por el cual la huella hídrica de ese cultivo fue relativamente alta, por el contrario la papa y la cebolla no requirieron de gran cantidad de agua pues son sembrados en pequeñas parcelas para consumo personal, el pasto y la alfalfa no requirieron de grandes cantidades de agua debido al tiempo en que estos cultivos son cosechados.



**Gráfico 4-3.** Huella Hídrica Verde Agrícola por tonelada de producción

**Realizado por:** Jhenny Berrones; Christian Moreta, 2018

Los principales cultivos que aportaron en la Huella Hídrica Verde del sector agrícola fueron: Las habas y la alfalfa con un promedio de 20147835 m<sup>3</sup> de agua por cada tonelada de cultivo producido, esto se debe a que estos productos necesitaron cantidades grandes de agua para desarrollarse. El agua verde está disponible en el medio, dichos productos son los que más la aprovechan, cuando el cuerpo de agua no es suficiente y el requerimiento es alto es necesario regarlos, este es el caso de la cebolla, papa y pasto con un promedio de 16749.63 35 m<sup>3</sup> de agua por cada tonelada de cultivo producido.



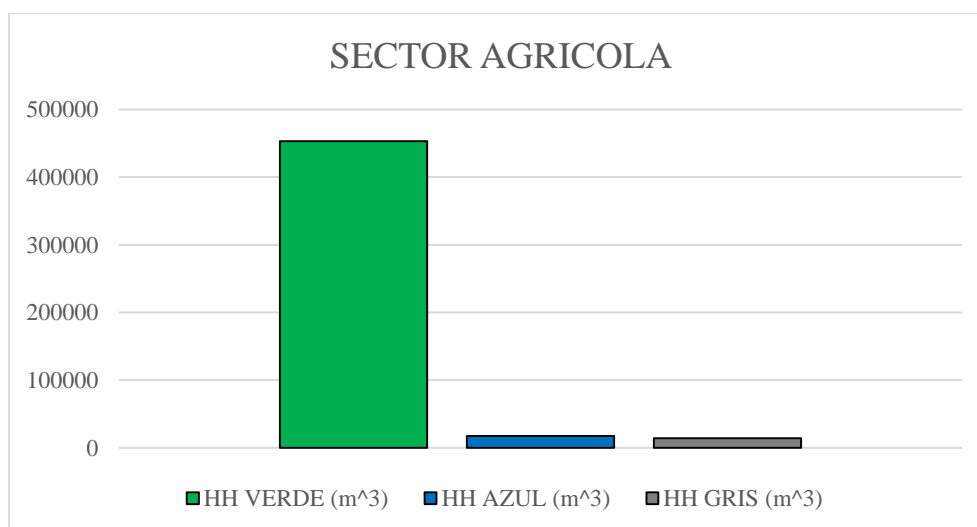
**Gráfico 5-3.** Huella Hídrica Gris Agrícola por tonelada de producción

**Realizado por:** Jhenny Berrones; Christian Moreta, 2018

Como se muestra en el gráfico 5-3, para la Huella Hídrica Gris los cultivos que tienen requerimientos de agua relativamente altos fueron: haba y alfalfa: estos cultivos demandan grandes volúmenes de agua dulce para desvanecer la contaminación ocasionada al producir una tonelada de cultivo, aproximadamente 7253.38 m<sup>3</sup> por cada tonelada de cultivo producido para todo un año. Dicha contaminación se refiere a la ocasionada por Nitrógeno amoniacal contenido en los fertilizantes aplicados, los otros cultivos tienen aportaciones a esta huella, pero no muy significativa.

#### *Huella Hídrica total sector Agrícola*

En el gráfico 6-3, se muestra un resumen total de la huella agrícola expresado m<sup>3</sup>



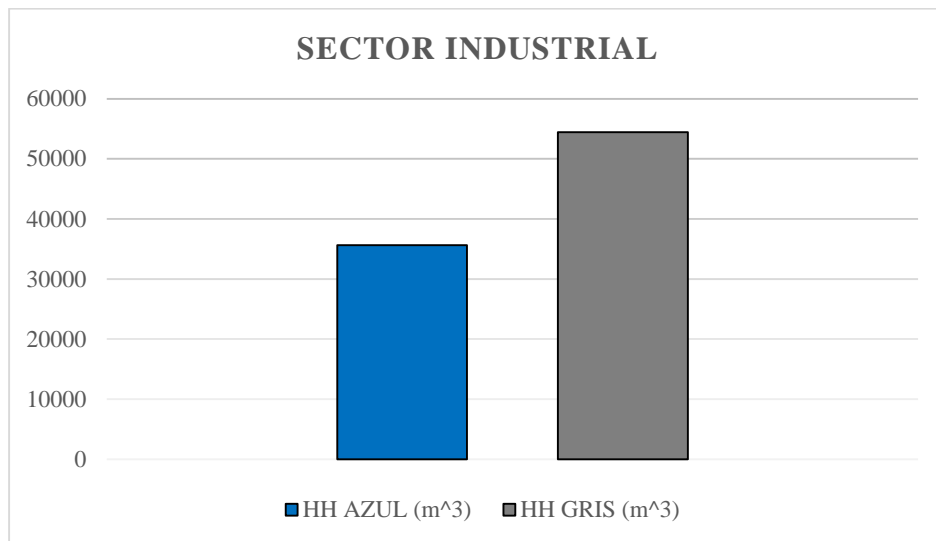
**Gráfico 6-3.** Huella Hídrica agrícola

**Realizado por:** Jhenny Berrones; Christian Moreta, 2018

En el sector agrícola se cuantificó 453205.58 m<sup>3</sup> de Huella Verde, 13984.93 m<sup>3</sup> de Huella Gris y 17269.67 m<sup>3</sup> de Huella Azul. LA huella gris y la azul representaron valores por debajo de la huella verde.

#### 3.1.2.5.2 Sector Industrial

La huella hídrica del sector industrial en función del volumen de agua utilizada en la producción de lácteos, se muestra en el grafico 7-3.



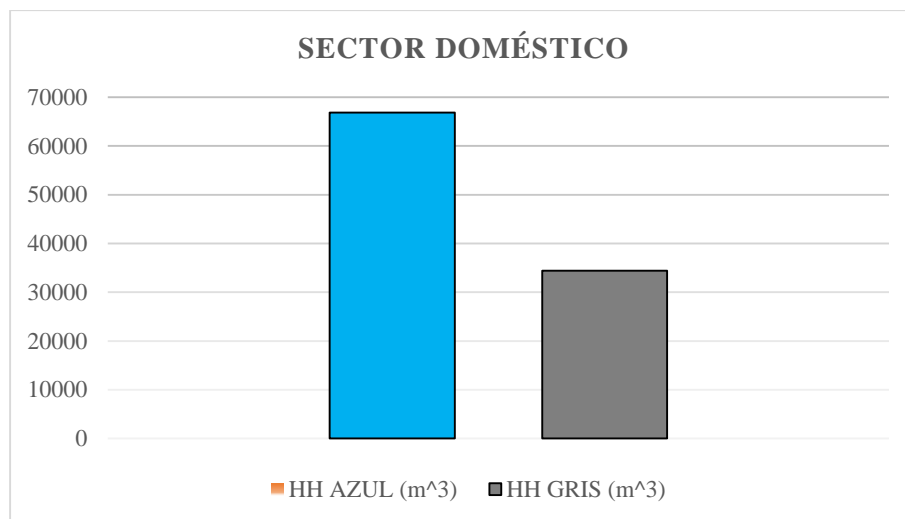
**Gráfico 7-3.** Huella Hídrica Industrial

**Realizado por:** Jhenny Berrones; Christian Moreta, 2018

En el caso del sector industrial se cuantificó, 35614.08 m<sup>3</sup> de Huella Azul y 54420.39 m<sup>3</sup> de Huella Gris, siendo el valor del agua gris el más elevado frente a los demás sectores; esto se debe a los procesos que ocurren dentro de la producción láctea como la filtración, pasteurización y enfriamiento que aportan con descargas al río Chimborazo, incidiendo en la en su calidad y aportando mayoritariamente a la huella hídrica gris.

#### 3.1.2.5.3 Sector doméstico

La Huella Hídrica del sector doméstico en función del volumen de agua utilizada por habitante, se muestra en el grafico 8-3.



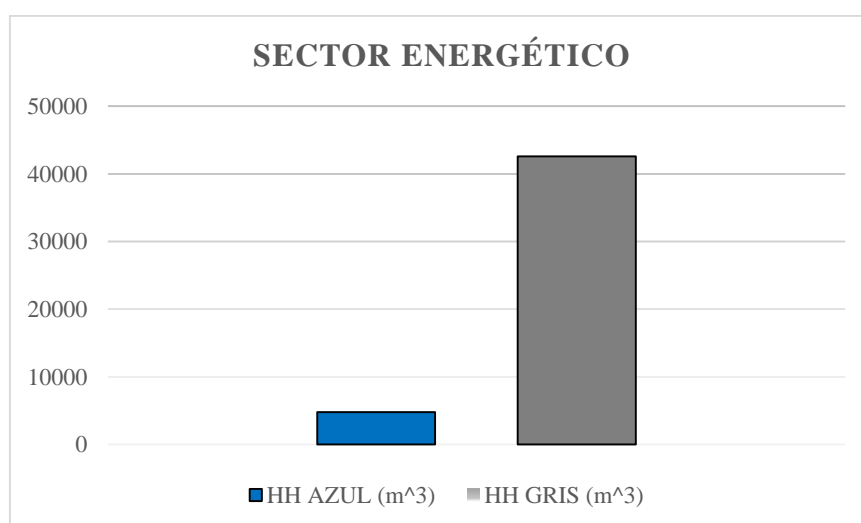
**Gráfico 8-3.** Huella Hídrica doméstica

**Realizado por:** Jhenny Berrones; Christian Moreta, 2018

En el sector doméstico se cuantificó 66873.6 m<sup>3</sup> de Huella Azul, siendo esta la de mayor valor en referencia a los demás sectores, debido a los asentamientos poblacionales dentro de la MCRCH y el uso tanto directo como indirecto del recurso hídrico. El valor de huella gris 34425.88 m<sup>3</sup> fue menor por las descargas de residuos líquidos domiciliarios en el sector rural que son por lo general de bajos caudales.

#### 3.1.2.5.4 Sector Energético

La Huella Hídrica para el sector energético, se determinó en función al volumen de agua utilizada para generar un GJ de energía eléctrica. (Ver gráfico 9-3)

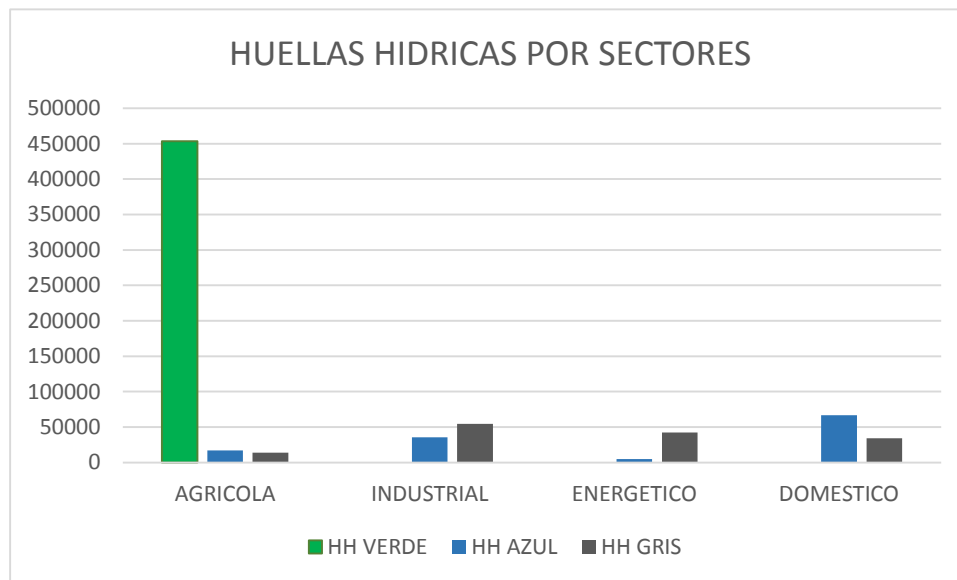


**Gráfico 9-3.** Huella Hídrica energética

**Realizado por:** Jhenny Berrones; Christian Moreta, 2018



En el sector energético se cuantificó, 4786.71 m<sup>3</sup> al año de Huella Azul, frente a los 42576.53 m<sup>3</sup> al año de la Huella Hídrica Gris, los cambios en la huella hídrica gris se dan por la variación en el caudal captado, pues las demás variables relacionadas con la huella hídrica gris como la Evotranspiración del embalse y concentraciones máximas permisibles no presentan variaciones significativas.



**Gráfico 10-3.** Huellas Hídricas por sectores

**Realizado por:** Jhenny Berrones; Christian Moreta, 2018

En el gráfico 10-3 se puede observar que el mayor valor de huella hídrica verde fue para el sector agrícola debido a que los demás sectores no tienen influencia en su cuantificación. El sector que tiene mayor valor de huella hídrica azul fue el doméstico y de huella hídrica gris fue el sector industrial

### 3.1.2.6 *Cálculo de la Huella Hídrica Total de la MCRCH*

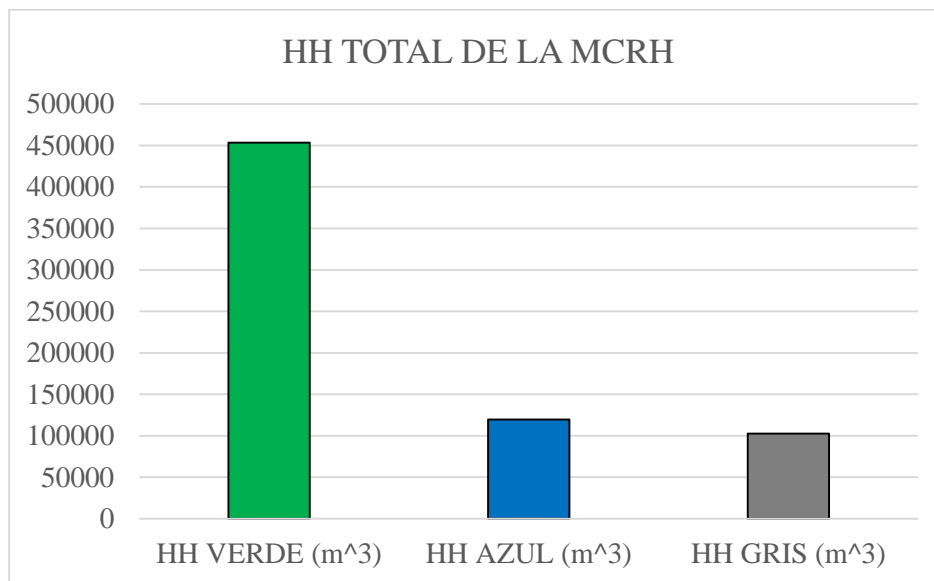
Para realizar el cálculo total de la huella hídrica se procedió a sumar todos los sectores ya establecidos anteriormente (Ver tabla 16-3).

**Tabla 16-3:** Huella hídrica total.

SECTORES	HH VERDE (m <sup>3</sup> )	HH AZUL (m <sup>3</sup> )	HH GRIS (m <sup>3</sup> )
AGRÍCOLA	453205.58	17269.67	13984.93
INDUSTRIAL		35614.08	54420.39
ENERGETICO		4786.71	42576.53
DOMESTICO		66873.6	34425.88
<b>HH TOTAL (m<sup>3</sup>)</b>	<b>453205.58</b>	<b>119757.35</b>	<b>102831.2</b>

Realizado por: Jhenny Berrones; Christian Moreta, 2018

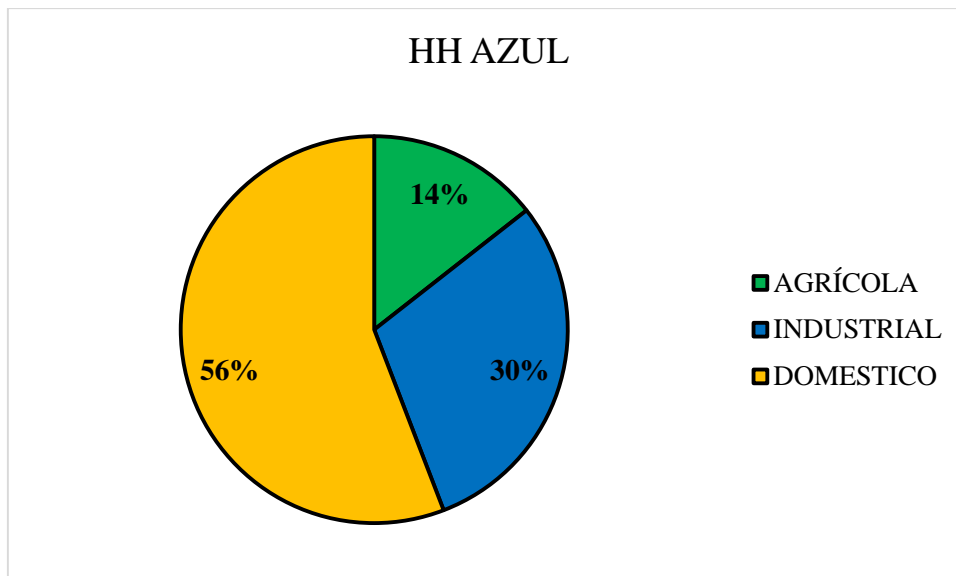
En el gráfico 11-3, se muestra la suma de las huellas hídricas de todos los sectores de la MCRH.



**Gráfico 11-3.** Huella Hídrica energética

Realizado por: Jhenny Berrones; Christian Moreta, 2018

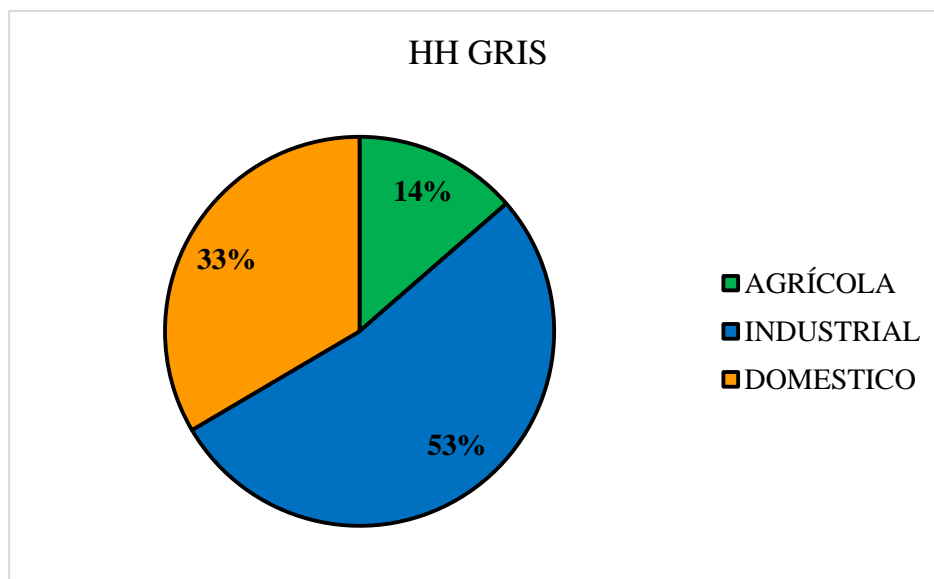
Se observa que la Huella Hídrica Verde Total fue de 453205.58 m<sup>3</sup>, la Huella Hídrica Azul Total es de 119757.35 m<sup>3</sup> y la Huella Hídrica Gris Total es de 102831.2 m<sup>3</sup> de agua. El sector energético no se consideró para la cuantificación total de la MCRH pues este no afecta la calidad del agua de la microcuenca y no genera posibilidades de respuesta ni mejora y fue de discutible interpretación en términos de la sostenibilidad de la huella hídrica. Por lo expuesto anterior se ha tomado la decisión de cuantificarlo, pero no incluirlo en el análisis de la microcuenca.



**Gráfico 12-3.** Porcentajes de HH Azul por sectores

Realizado por: Jhenny Berrones; Christian Moreta, 2018

Tomando en consideración la huella hídrica azul por sectores se establece que el 56% fue doméstico, el 30% industrial y el de menor aporte es del sector agrícola con un 14% respectivamente.



**Gráfico 13-3.** Porcentajes de HH Gris por sectores

Realizado por: Jhenny Berrones; Christian Moreta, 2018

La huella hídrica azul por sectores establece que el 53% corresponde al sector industrial, el 33% al doméstico y el 14% el agrícola.

### 3.2 Análisis de sostenibilidad

Una vez cuantificada La Huella Hídrica Total se procedió a hacer el análisis de sostenibilidad, considerando tres ejes fundamentales para el caso de estudio: ambiental, social y económico, analizando así criterios propios finalmente establecer la condición de sostenibilidad de la producción de agua en la microcuenca del Río Chimborazo.

#### 3.2.1 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 para calcular la disponibilidad del recurso determinando el índice de escasez:

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

ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD HUELLA HÍDRICA AZUL			
OFERTA (l/s)	CAUDAL ECOLOGICO (l/s)	DISPONIBILIDAD DE AGUA AZUL (m <sup>3</sup> /año)	ESCASEZ
87.96	1.26	224726.40	0.4

Realizado por: Jhenny Berrones, Christian Moreta, 2018

A partir de estos datos se pudo calcular la disponibilidad de agua azul, restando el caudal ecológico a la oferta de agua, cuyo resultado fue 224726.40 m<sup>3</sup>/año. En la determinación del índice de escasez se dividió la Huella hídrica total azul para la disponibilidad de agua obteniendo un valor de 0.4 que según los criterios establecidos en la guía indica que es sostenible y se puede decir que la microcuenca del río Chimborazo no tiene problemas de disponibilidad de agua por cantidad.

#### 3.2.2 Sostenibilidad ambiental de la huella hídrica verde

En la sostenibilidad verde fue fundamental conocer la disponibilidad de agua, para este caso la disponibilidad de agua verde (DAV) de la microcuenca fue igual a la Evotranspiración verde de la misma y se presenta en la tabla 18-3.

**Tabla 18-3:** Cálculo del análisis de sostenibilidad huella hídrica verde

ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD HUELLA HÍDRICA VERDE		
ETV (mm)	DISPONIBILIDAD DE AGUA VERDE (m <sup>3</sup> /año)	ESCASEZ
123552	1886033.23	0.24

Realizado por: Jhenny Berrones, Christian Moreta, 2018

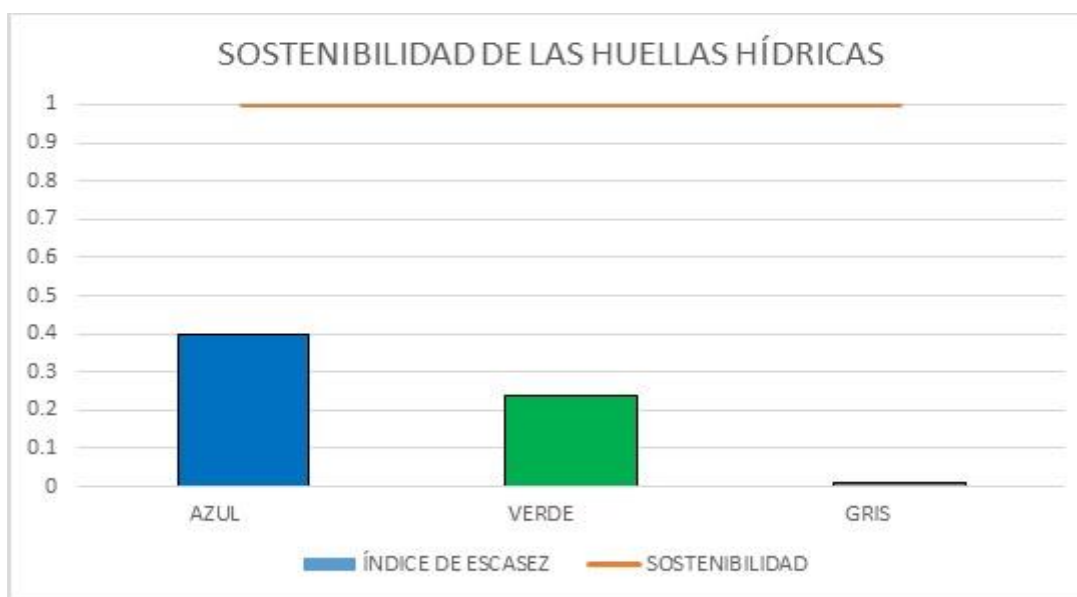
Como la Evotranspiración verde fue igual a la disponibilidad de agua verde se procedió a transformar los mm en m<sup>3</sup> con un resultado de 1886033. 23 m<sup>3</sup>/año; para determinar el índice de escasez se dividió la Huella hídrica total verde para la disponibilidad de agua con un valor de 0.24, en respuesta a estos valores el agua verde es sostenible con una situación favorable para los ecosistemas estratégicos de la microcuenca.

### 3.2.3 Sostenibilidad ambiental de la huella hídrica gris

**Tabla 19-3:** Cálculo del análisis de sostenibilidad huella hídrica gris

ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD HUELLA HÍDRICA GRIS	
ESCORRENTIA REAL (m <sup>3</sup> /año)	NCA
224726.40	0.01

Realizado por: Jhenny Berrones, Christian Moreta, 2018



**Gráfico 14-3.** Sostenibilidad de las HH Azul, Verde y Gris.

Realizado por: Jhenny Berrones; Christian Moreta, 2018

El análisis de sostenibilidad generó un valor de 0.4 para el índice de escasez Azul, un valor de 0.24 para el índice de escasez Verde y 0.01 para el índice de escasez Gris, interpretando que todos los índices de escasez son sostenibles actualmente.

### 3.2.4 *Análisis de sostenibilidad económica de la huella hídrica*

#### *Productividad aparente del agua*

En la tabla 20-3, los valores obtenidos de productividad aparente del agua para el sector agrícola.

**Tabla 20-3:** Cálculo de la productividad aparente del agua para el sector agrícola.

<b>AGRÍCOLA</b>	
<b>CULTIVOS</b>	<b>APWazul (\$/m<sup>3</sup>/año)</b>
Pasto	0
Alfalfa	0
Cebolla	0.28
Papa	0.39
Habas	0.03
<b>TOTAL</b>	<b>0.70</b>

**Realizado por:** Jhenny Berrones, Christian Moreta, 2018

En el sector agrícola, los cultivos en los que el agua representa mayor valor económico fueron: la papa y la cebolla con precios entre USD 0.39 y USD 0.28 por cada m<sup>3</sup> de agua, las habas con un 0.03 m<sup>3</sup> de agua el pasto y la alfalfa un valor de 0, resultado arrojado por el programa CROPWAT.

**Tabla 21-3:** Cálculo de la productividad aparente del agua para el sector industrial.

<b>INDUSTRIAL</b>		
<b>PRECIO DE MERCADO</b>	<b>HHAZUL</b>	<b>APWazul (\$/m<sup>3</sup>/año)</b>
116800	35614.08	3.28

**Realizado por:** Jhenny Berrones, Christian Moreta, 2018

Por producción se obtiene alrededor de USD 116800 en un año, mientras que el coste del agua por m<sup>3</sup> es de USD 3.28.

**Tabla 22-3:** Cálculo de la productividad aparente del agua para el sector energético.

<b>ENERGÉTICO</b>		
<b>PRECIO DE MERCADO</b>	<b>HHAZUL</b>	<b>APWazul (\$/m<sup>3</sup>/año)</b>
405062.4	4786.71	84.62

**Realizado por:** Jhenny Berrones, Christian Moreta, 2018

La producción total del sector energético se encontró alrededor de USD 405062.4 en un año, el coste del agua por m<sup>3</sup> USD 84.62.

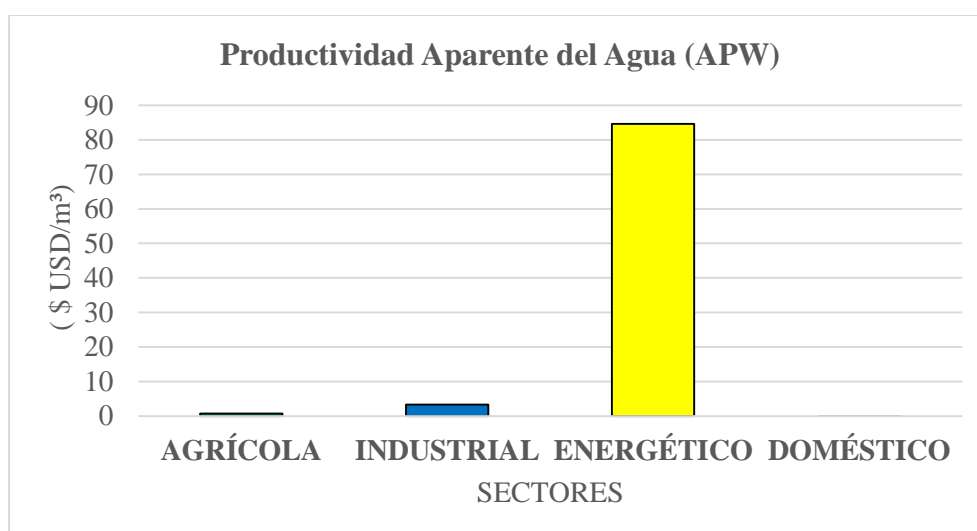
**Tabla 23-3:** Cálculo de la productividad aparente del agua para el sector doméstico.

DOMÉSTICO		
PRECIO DE MERCADO	HHAZUL	APWazul (\$/m <sup>3</sup> )
18	66873.60	0.000269

Realizado por: Jhenny Berrones, Christian Moreta, 2018

Por producción se obtiene alrededor de USD 18 dólares en un año, mientras que el coste del agua por m<sup>3</sup> es de USD 0.000269.

De los resultados para cada sector se consideró que el costo del agua que paga el usuario está por debajo de su precio real, indicando un uso ineficiente del agua. En dicho caso es importante discutir el porcentaje que se cobra a los usuarios del costo total del agua.



**Gráfico 15-3.** Compendio de la productividad aparente por sectores.

Realizado por: Jhenny Berrones; Christian Moreta, 2018

En el gráfico 15-3, se muestra la variabilidad económica a partir del indicador APW en el que indica los sectores más productivos por cada m<sup>3</sup> de agua consumido en el año. El sector energético fue el más representativo con 84.62 USD/ m<sup>3</sup>, muy alejado de los costos asociados en los demás sectores, esto como consecuencia de una eficiencia máxima en generación energética.

#### *Productividad aparente de la tierra*

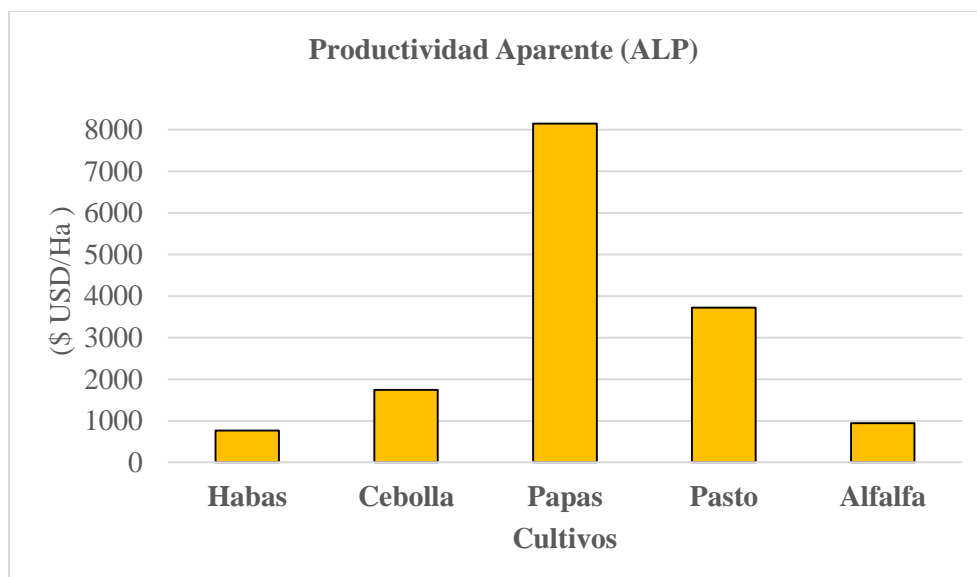
Para realizar el análisis de la productividad aparente de la tierra, se tomó en cuenta solo el sector agrícola. (Ver tabla 24-3)

**Tabla 24-3:** Cálculo de la productividad aparente de la tierra.

PRODUCTIVIDAD APARENTE	
CULTIVOS	ALP (\$/Ha)
Habas	762.76
Cebolla	1739.22
Papas	8144.08
Pasto	3720.00
Alfalfa	940.00
<b>TOTAL ALP</b>	<b>15306.05</b>

Realizado por: Jhenny Berrones, Christian Moreta, 2018

Para la productividad aparente de la tierra se procedió a consultar los precios actuales de mercado de cada cultivo por cada tonelada sembrada, este valor se multiplicó por el rendimiento de cada cultivo obteniendo los valores de la tabla 24-3, con una productividad aparente total de la tierra de 15306.05 \$ USD/Ha.



**Gráfico 16-3.** Productividad aparente de la tierra.

Realizado por: Jhenny Berrones; Christian Moreta, 2018

El gráfico 16-3, representa el valor económico actual que se le da a cada cultivo por hectárea de tierra cultivada, para el efecto se utilizó el análisis solo para el sector agrícola, dónde: las papas presentan mayor valor económico 8144.08 \$USD/Ha debido a su corto periodo de crecimiento, por consiguiente mayor fue su producción. Las habas un valor económico de 762.76 \$USD/Ha, pues tiene un amplio periodo de crecimiento con una menor producción.

### 3.3 Formulación de estrategias para la gestión y política comunitaria en respuesta a la huella hídrica.

Para la formulación de estrategias para la gestión y política comunitaria en respuesta a la huella hídrica, se basó en las directrices y lineamientos territoriales del plan nacional de desarrollo “Toda



Una Vida”. “cuyos objetivos relacionados para la huella hídrica son:

- Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones.
- Impulsar la productividad y competitividad para el crecimiento económico sostenible de manera redistributiva y solidaria.
- Desarrollar las capacidades productivas y del entorno para lograr la soberanía alimentaria y el Buen Vivir rural. (Ver tablas 25-3, 26-3, 27-3 y 28-3)

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

SECTOR	SOSTENIBILIDAD			ESTRATEGIAS RELACIONADAS CON LA PLANIFICACIÓN NACIONAL PLAN TODA UNA VIDA
	HH VERDE	HH AZUL	HH GRIS	DIRECTRICES Y LINEAMIENTOS TERRITORIALES
AGRÍCOLA	El análisis de sostenibilidad realizado para el sector agrícola nos da como resultado:			<b>a.8.</b> Controlar que la descarga de efluentes de aguas servidas domésticas e industriales que se generen en la Microcuenca del río Chimborazo cumplan los parámetros establecidos por la correspondiente legislación nacional, sectorial
	EHHV=0.24			<b>b.3.</b> Promover una gestión corresponsable e integral del recurso hídrico de la MRCH para precautelar su disponibilidad, uso adecuado y calidad, con acciones de conservación, recuperación, y protección de las fuentes de agua, zonas de recarga, acuíferos y agua subterránea, considerando el acceso ecuánime del agua para el riego de cultivos.
	tomando en consideración el criterio establecido en la guía metodológica para la evaluación de la huella hídrica en una cuenca hidrográfica:			<b>b.11.</b> Contar con un seguimiento en las fronteras agrícolas y así evitar la expansión de las mismas dentro de la microcuenca del río Chimborazo.
	E < 1: sostenibilidad			<b>b.12.</b> Con la finalidad de detener los procesos de degradación del recurso hídrico en el territorio rural, empezar a fomentar prácticas agroecológicas que favorezcan a la recuperación del ecosistema de la microcuenca del río Chimborazo.
	E = 1: utiliza el agua total			<b>d.2.</b> Es necesario impulsar las iniciativas productivas alternativas que sostengan una buena línea base y la soberanía alimentaria, generando empleo y límites económicos inclusivos; garantizando o promoviendo la conservación de los páramos y servicios hídricos para la cobertura vegetal.
	E > 1: insostenibilidad			<b>f.2.</b> Impulsar la elaboración de planes de uso y gestión que se le da al suelo de la MCRCH, de forma concordante y articulada con los planes de desarrollo y ordenamiento territorial con los que cuentan los GADS parroquiales.
Se puede decir que la Microcuenca del Río Chimborazo es sostenible hasta la actualidad, pero es importante implementar estrategias que permitan al recurso hídrico perdurar en el tiempo				

Realizado por: Jhenny Berrones, Christian Moreta, 2018

**Tabla 26-3:** Estrategias para la gestión y política comunitaria para el sector Energético.

SECTOR	SOSTENIBILIDAD		ESTRATEGIAS RELACIONADAS CON LA PLANIFICACIÓN NACIONAL PLAN TODA UNA VIDA
	HH AZUL	HH GRIS	DIRECTRICES Y LINEAMIENTOS TERRITORIALES
ENERGÉTICO	Se puede decir que la Microcuenca del Río Chimborazo es sostenible hasta la actualidad, pero es importante implementar estrategias que permitan al recurso hídrico perdurar en el tiempo.		<b>b.4.</b> Garantizar los caudales mínimos requeridos en la microcuenca del río Chimborazo con énfasis en aquellas zonas en las que exista conflictos entre el aprovechamiento de agua para el consumo humano, los sistemas productivos, generación hidroeléctrica y el caudal ecológico.
			<b>g.5.</b> Se recomienda establecer procesos de integración dentro de la microcuenca del río Chimborazo para la generación energética.

Realizado por: Jhenny Berrones, Christian Moreta, 2018

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

SECTOR	SOSTENIBILIDAD		ESTRATEGIAS RELACIONADAS CON LA PLANIFICACIÓN NACIONAL PLAN TODA UNA VIDA
	HH AZUL	HH GRIS	DIRECTRICES Y LINEAMIENTOS TERRITORIALES
DOMÉSTICO	Se puede decir que la Microcuenca del Río Chimborazo es sostenible hasta la actualidad pero es importante implementar estrategias que permitan al recurso hídrico perdurar en el tiempo.		c.3. Consolidar los centros poblados en las parroquias rurales de la microcuenca con pertinencia social, cultural, ambiental, turística y productiva, con miras a fortalecer el desarrollo rural.
			c.5. Consolidar los asentamientos humanos y regularizar la expansión urbana y gestión sostenible de los recursos en el ámbito rural en la MRCH, en consideración de sus límites biofísicos, gestionando de manera sostenible sus recursos.
			d.12. Promover modalidades de consumo sostenibles acorde con las particularidades de cada ecosistema, particularmente en la microcuenca del río que inicia sus cauces en la reserva de producción faunística Chimborazo.

Realizado por: Jhenny Berrones, Christian Moreta, 2018

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

SECTOR	SOSTENIBILIDAD		ESTRATEGIAS RELACIONADAS CON LA PLANIFICACIÓN NACIONAL PLAN TODA UNA VIDA
	HH AZUL	HH GRIS	DIRECTRICES Y LINEAMIENTOS TERRITORIALES
INDUSTRIAL	Se puede decir que la Microcuenca del Río Chimborazo es sostenible hasta la actualidad pero es importante implementar estrategias que permitan al recurso hídrico perdurar en el tiempo.		b.3 Promover una gestión integral y corresponsable del patrimonio hídrico de la microcuenca del río Chimborazo 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 la producción láctea propia de la zona.
			b.4. Asegurar el caudal mínimo necesario para cada actividad que se promueva dentro de la microcuenca del río Chimborazo y así evitar conflictos de consumo hídrico entre comunidades.
			d.2. Impulsar las iniciativas productivas alternativas que sostengan la base y la soberanía alimentaria dentro de las comunidades que atraviesa la microcuenca, generando así empleo y circuitos económicos inclusivos; garantizando o promoviendo la conservación de la agrobiodiversidad existente en el país y fomentando la investigación e innovación.
			d.6. Aprovechar de una manera sostenible y fomentar el uso de tecnologías amigables con el medio ambiente para la extracción del recurso hídrico en el nivel industrial, respetando sus ciclos ecológicos de la microcuenca del río Chimborazo.
			d.7. 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.
			g.5. Profundizar procesos solidarios y complementarios de integración dentro de la microcuenca del río Chimborazo que ofrecerán a los habitantes en términos productivos, científico-tecnológica y de infraestructura.

Realizado por: Jhenny Berrones, Christian Moreta, 2018

## CONCLUSIONES

- La Huella Hídrica total en la microcuenca del Río Chimborazo determinó valores de 119757.35 m<sup>3</sup> Huella Azul, 453205.58 m<sup>3</sup> Huella Verde y 102831.2 m<sup>3</sup>. El sector con Huella Hídrica Azul más representativo es el doméstico, con 66873.6 m<sup>3</sup> y el sector energético contribuyó minoritariamente con 4786.71 m<sup>3</sup>.
- La Huella Hídrica Verde del sector agrícola alcanza 453205,58 m<sup>3</sup>, siendo los cultivos representativos la alfalfa y las habas. El sector de mayor aporte en la Huella Hídrica Gris es el sector industrial con 54420,39 m<sup>3</sup> y el sector agrícola se convirtió en el sector con menor aporte a la huella gris con 13984,93 m<sup>3</sup>.
- La condición actual de la microcuenca del Río Chimborazo denota sostenibilidad para consumo, disponibilidad y capacidad de purificación a partir de los indicadores determinados índices de escasez azul de 0.04, gris o NCA de 0.01 y verde de 0.24; en los tres casos los indicadores son menores que uno.
- La sostenibilidad económica del agua determinada a partir de la productividad aparente del agua APW refleja que el sector más productivo es el energético con 84.62 USD/m<sup>3</sup>, por otra parte el sector menos productivo es el doméstico que recibe 0.000269 USD/m<sup>3</sup>.
- La sostenibilidad económica de la tierra determinada a partir de la productividad aparente de la tierra ALP, refleja que el cultivo más productivo son las papas con 8144.08 USD/ha, por otra parte, el cultivo menos productivo son las habas con 772.76 USD/ha.
- Se proponen 17 estrategias de las cuales, 6 son para el sector agrícola, 6 para el sector industrial, 3 para el sector doméstico, y 2 para el energético. El número de estrategias por cada sector define que tanto el doméstico como el industrial son los sectores que contribuyen mayoritariamente en huella hídrica total, por lo que son los dos sectores donde se debe empezar a tomar las medidas pertinentes.
- Cada estrategia implica el trabajo participativo de todos los actores de la sociedad involucrados con la Microcuenca del Río Chimborazo. La Ejecución de la propuesta depende fundamentalmente del compromiso y asignación de recursos del GAD parroquial de San Juan y el aporte de los grupos base comunitarios a través de prácticas tradicionales como la minga, jocha y tumina.

## RECOMENDACIONES

- Para futuros estudios se recomienda que la metodología de la evaluación de la Huella Hídrica de una microcuenca debería ser considerada como una metodología alterna o complementaria en los estudios de gestión integrada de los recursos hídricos, que consideran varios indicadores que aportan al estudio de la sostenibilidad de la microcuenca estudiada.
- Se recomienda considerar que mientras más específico sea el nivel de detalle de la información primaria, se reducirá el nivel de incertidumbre en los resultados, expresando así la totalidad y veracidad del estudio en la zona. Se pretende que el análisis sirva como herramienta para la toma de decisiones bajo un enfoque sistémico para la asignación y distribución del recurso hídrico.
- Se recomienda a las entidades de control ambiental, propiciar actividades de capacitaciones en los sitios más vulnerables como son las áreas rurales, con el fin de concientizar a la población sobre el uso del recurso hídrico y gestión adecuada del mismo.
- Se recomienda a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo enfocarse más en este tipo de estudios, pues se conoce que a nivel de país existe un solo estudio relacionado con la huella hídrica de microcuenca.

## BIBLIOGRAFÍA

### **AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DEL AGUA (ARCA) - ECUADOR.**

*Decreto ejecutivo N° 310 del 17 de abril del 2014.* [en línea]. Quito – Ecuador. 2014.

[Consulta: 24 abril 2018]. Disponible en: <http://www.regulacionagua.gob.ec/>

**ARÉVALO URIBE, Diego.** *Evaluación de la huella hídrica en cuencas hidrográficas: experiencias piloto en Latinoamérica.* [en línea]. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), San José – Costa Rica. 2017. pp. 7-17. [Consulta: 24 abril 2018]. Disponible en:

[http://www.euroclima.iica.int/sites/default/files/Versi%C3%B3n%20final%20web\\_%20EvaluacionHuellaHidricaCuencas.pdf](http://www.euroclima.iica.int/sites/default/files/Versi%C3%B3n%20final%20web_%20EvaluacionHuellaHidricaCuencas.pdf)

**ARRACHE SANTIBÁÑEZ, Lizbette.** *Intercambio de derechos de uso de agua. Un modelo para la gestión sostenible del recurso hídrico.* [en línea] [doctorado]. Universidad Politécnica de Catalunya (UPC), Instituto de sostenibilidad, Programa de Doctorado en Sostenibilidad. Barcelona, 2011. p. 5. [Consulta: 24 abril 2018]. Disponible en: <https://is.upc.edu/ca/intranet/consulta-treballs-academics/pt-set-2011/tesis/tesis-final.pdf>

**BAHAMONDES, Rafael.** *Manejo de cuencas hídricas* [en línea]. Temuco, Chile. pp.3-6 [Consulta: 24 abril 2018]. Disponible en: <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/serieactas/NR29050.pdf>

**BECERRA, A.T. BRAVO, X.B.L. y MEMBRIVE, V.J.F.** *Huella hídrica y sostenibilidad del uso de los recursos hídricos.* [en línea]. vol. 14, pp. 56-86. 2013. [Consulta: 15 julio 2018]. Disponible en: <https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-41205/61articulo.pdf>

**BOMMATHANAHALLI, Ramakrishna.** *Estrategias de extensión para el manejo integrado de cuencas hidrográficas.* [en línea]. Serie investigación y educación en desarrollo sostenible. Instituto Interamericano de cooperación para la agricultura (IICA) / Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH. San José – Costa Rica. Mayo, 1997. pp. 19-20. ISSN 92-9039 [Consulta: 24 abril 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2zqRN0m>

**BUSTOS, Ana L. y BUSTOS, Ernesto.** *La protección de la microcuenca del río Chimborazo; a través de la implementación del plan de manejo ambiental, participativo y sustentable de los*

*recursos agua y suelo*. [en línea]. Centro de Estudios y Acción Social “CEAS”, Institución de la ciudad de Riobamba de la provincia de Chimborazo, Ecuador. 2007. p. 2. [Consulta: 24 abril 2018]. Disponible en:

[https://ceasecuador.weebly.com/uploads/4/9/7/0/4970364/resumen\\_ejecutivo\\_proyecto\\_microcuenca\\_rio\\_chimborazo.pdf](https://ceasecuador.weebly.com/uploads/4/9/7/0/4970364/resumen_ejecutivo_proyecto_microcuenca_rio_chimborazo.pdf)

**CAMPUZANO OCHOA, Claudia P., et al.** *Evaluación multisectorial de la huella hídrica en Colombia*. [en línea]. 1ª Medellín, Antioquia, CTA. abril de 2015 ISBN: 978-958-8470-28-3, p. 14. [Consulta: 24 abril 2018]. Disponible en: [http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023272/HH\\_ENA2014.pdf](http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023272/HH_ENA2014.pdf)

**CENTRO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ANTIOQUIA – CTA.** *Evaluación de la huella hídrica en la cuenca del Río Porce*. [en línea]. La Cooperación – COSUDE. Colombia. Mayo 2013. p. 8. [Consulta: 24 abril 2018]. Disponible en: <http://www.goodstuffinternational.com/images/PDF/LibroHuellaHidrica.pdf>

**CORTÉS, A., PÉREZ, F., MOGOLLÓN, M. y GONZÁLES, T.** *Infografía Huella Hídrica.pdf* [en línea]. 2007. [Consulta: 15 julio 2018]. Disponible en: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/Infograf%C3%ADa%20Huella%20H%C3%ADrica.pdf>.

**DONOSO, G.** *Guía para la evaluación de la huella hídrica productiva a nivel cuenca en Chile*. vol. 1, pp. 64. 2016. [Consulta: 15 julio 2018]. Disponible en: <http://escenarioshidricos.cl/wp-content/uploads/2017/04/GUIA-HUELLA-HIDRICA-EN-CUENCAS.pdf>

**ESTELI, S.N.** *Módulo: Manejo de cuencas hidrográficas y protección de fuentes de agua*. [en línea]. 2002. vol. 1, pp. 27. [Consulta: 15 julio 2018]. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsade/fulltext/cuencas.pdf>

**GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO.** *Plan De Desarrollo Y Ordenamiento Territorial De La Provincia De Chimborazo* [en línea]. 2015. [Consulta: 16 julio 2018]. Disponible en: <http://www.chimborazo.gob.ec/chimborazo/wpcontent/uploads/LOTAIP/ANEXOS4/1.%20%20PDOT%20Chimborazo.pdf>.

**GODOY PONCE, Sofía Carolina.** *Desarrollo local sostenible y gestión socio-ambiental. caso: Comunidad Chimborazo Millancahuan 2014*. [en línea] [maestría]. Pontificia Universidad

Católica del Ecuador, Escuela de Trabajo Social. Quito – Ecuador. 2015. p. 66 [Consulta: 24 abril 2018]. Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/9842/GODOY%20PONCE%20SOFIA%20CAROLINA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**GÓMEZ LARRAMBE, A.** *Evaluación de la Huella Hídrica del Ciclo Integral del Agua de la Mancomunidad de la Comarca de Pamplona.* [en línea]. vol. 1, pp. 95. 2016. [Consulta: 15 julio 2018]. Disponible en: <http://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/22368/TFM.pdf?sequence=1>

**GUTIÉRREZ DUARTE, María Victoria; RODRÍGUEZ LÓPEZ, Ángel y GALVÁN VALLINA, Joaquín.** “Objetivos y principios fundamentales de la política ambiental europea”. *Revista Internacional del Mundo Económico y del Derecho.* [en línea]. Universidad Europea, Madrid. Vol. 6 (2013) pp. 37-69. [Consulta: 24 abril 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2dIIDUS>

**INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLÓGICO E HIDROLÓGICO, ECUADOR – (INAMHI).** *La institución.* [en línea]. Gobierno de la República del Ecuador. Quito – Ecuador. [Consulta: 24 abril 2018]. Disponible en: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/la-institucion/>

**LÓPEZ PARDO, Claudia Karem.** *Gestión comunitaria del agua en un contexto de cambio climático como consecuencia de la crisis global ambiental: Un estudio de caso en la comunidad de Chimborazo, Parroquia de San Juan, Ecuador.* [en línea]. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales Sede Ecuador Departamento de Desarrollo, Ambiente Y Territorio Convocatoria. Ecuador. 2009-2013. p. 75. [Consulta: 24 abril 2018]. Disponible en: <http://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bitstream/10469/6673/2/TFLACSO-2013CKLP.pdf>

**MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIESGO** *Resolución directoral N° 007-2015 ANA DCPRH* [en línea]. 2015. [Consulta: 15 julio 2018]. Disponible en: [http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/rd\\_007-2015-ana-dcprh\\_reportes\\_1\\_2\\_3.pdf](http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/rd_007-2015-ana-dcprh_reportes_1_2_3.pdf).

**MINISTERIO DEL AMBIENTE – ECUADOR.** *Valores / misión / visión.* [en línea]. Gobierno de la República del Ecuador. Quito – Ecuador. [Consulta: 24 abril 2018]. Disponible en: <http://www.ambiente.gob.ec/valores-mision-vision/>

**NOVOA FERNÁNDEZ, Vanessa Alejandra.** *Huella hídrica de la cuenca del río Cachapoal para la evaluación de la sostenibilidad ambiental.* [en línea] [doctorado]. Universidad de Concepción, Dirección de Postgrado, Facultad de Ciencias Ambientales -Programa de Doctorado en Ciencias, Ambientales con mención en Sistemas Acuáticos Continentales. CONCEPCIÓN-CHILE 2016. [Consulta: 24 abril 2018]. Disponible en: [http://repositorio.udec.cl/bitstream/handle/11594/2159/Tesis\\_Huella\\_Hidrica\\_de\\_la\\_cuenca\\_del\\_rio\\_Cachapoal.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.udec.cl/bitstream/handle/11594/2159/Tesis_Huella_Hidrica_de_la_cuenca_del_rio_Cachapoal.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

**OCHOA, C.P.C.** *La huella hídrica como herramienta de apoyo para la sostenibilidad hídrica de un territorio.* [en línea]. vol. 1, pp. 58. 2013. [Consulta: 15 julio 2018]. Disponible en: <http://www.camaramedellin.com.co/site/Portals/0/Documentos/2015/Foros%20regiones/HUELLA%20HIDRICA%20-%20CTA.pdf>

**ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE CHIMBORAZO.** *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la provincia de Chimborazo.* [en línea]. Chimborazo. 2011. pp. 62-63. [Consulta: 24 abril 2018]. Disponible en: <http://www.chimborazo.gob.ec/chimborazo/wp-content/uploads/PD-y-OT.pdf>

**PÉREZ ARCOS, Solange Isabel.** *Evaluación y análisis de la huella hídrica y agua virtual de la producción agrícola en el Ecuador.* [en línea] [Licenciatura]. Zamorano Departamento de Administración de Agronegocios, Zamorano, Honduras Noviembre, 2012. [Consulta: 24 abril 2018]. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/911/1/AGN-2012-T025.pdf>

**PORTAFOLIO VERDE.** *Diálogo interamericano para la gestión del agua.* [en línea]. Medellín – Colombia. 2011. p. 3. [Consulta: 24 abril 2018]. Disponible en: [http://d7.rirh.org/documentos/programa/Documento\\_Guia\\_Salon\\_de\\_Huella\\_Hidrica\\_D7\\_NOV\\_9\\_2011.pdf](http://d7.rirh.org/documentos/programa/Documento_Guia_Salon_de_Huella_Hidrica_D7_NOV_9_2011.pdf)

**RED CONSULTORA SOCIO AMBIENTAL TZEDAKA CIA. LTDA.** *Plan de manejo y cogestión para el territorio de la Microcuenca del Río Chimborazo.* [en línea]. LCC-GADPCH-003-2012. San Juan – Riobamba – Chimborazo – Ecuador. 2012. p. 7. [Consulta: 24 abril 2018]. Disponible en: <http://www.fao.org/forestry/45914-060f46ef0d5931a02bf22fd97cd987a31.pdf>

**REDACCIÓN LAVOZ.** *¿Qué son las cuencas hídricas?* [en línea]. 2011. [Consulta: 15 julio 2018]. Disponible en: <http://www.lavoz.com.ar/node/409393>.



**ROMERO, M., QUINTERO, M. y MONSERRATE, F.** *Elementos técnicos para la medición de huella hídrica en sistemas agrícolas.* [en línea]. 419, pp. 52.2016. [Consulta: 15 julio 2018].

Disponible en:

<https://bit.ly/2MXZdvZ>

**SABIO GUILTY, S.** *Evaluación de la calidad y la cantidad de agua de la microcuenca El Capiro en Güinope, Honduras.* [en línea]. vol. 1, pp. 36. 2000. [Consulta: 15 julio 2018]. Disponible en:

<https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2591/1/T1221.pdf>

**SÁNCHEZ-MORA, J.I.S.** *Un método de estimación de la huella hídrica agraria.* (aplicación a extremadura, años 2007, 2008 y 2009). [en línea]. vol. 1, pp. 14. 2013. [Consulta: 15 julio 2018].

Disponible

en:

[https://www.unex.es/conoce-la-](https://www.unex.es/conoce-la-uex/centros/eia/archivos/iag/2013/2013_07%20Un%20metodo%20de%20estimacion%20de%20la%20huella%20hidrica%20agraria.pdf)

[uex/centros/eia/archivos/iag/2013/2013\\_07%20Un%20metodo%20de%20estimacion%20de%20la%20huella%20hidrica%20agraria.pdf](https://www.unex.es/conoce-la-uex/centros/eia/archivos/iag/2013/2013_07%20Un%20metodo%20de%20estimacion%20de%20la%20huella%20hidrica%20agraria.pdf)

**SANTANA, I.N.G. y MARTÍNEZ, J.T.** *Evaluación de la huella hídrica generada por los sectores comerciales y de vivienda del barrio la florida (Bogotá d.c.).* [en línea]. 2013 vol. 1, pp.

108.

[Consulta:

15

julio

2018].

Disponible

en:

<http://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/11221/Proyecto%20de%20grado%20Isabel%20Garcia%20S.%20y%20Jennifer%20Toro%20M..pdf?sequence=1>

**SECRETARÍA DEL AGUA - ECUADOR.** *Instructivo para conformación y legalización de juntas administradoras de agua potable y saneamiento; juntas administradoras de agua potable y saneamiento regional; y, juntas de segundo y tercer grado”, y el “instructivo para conformación y legalización de juntas de riego y/o drenaje.* [en línea]. Gobierno Nacional de la

República del Ecuador. Quito – Ecuador. p. 10. [Consulta: 24 abril 2018]. Disponible en:

<http://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NORMATIVA-SECUNDARIA.pdf>

**SECRETARÍA DEL AGUA – ECUADOR.** *Valores de la institución – misión y visión.* [en línea]. Gobierno de la República del Ecuador. Quito – Ecuador. [Consulta: 24 abril 2018].

Disponible en: <http://www.agua.gob.ec/valores-mision-vision/>

**SIERRA, R.,** *Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental.* [en línea]. Quito - Ecuador: Proyecto INEFAN/GEF y EcoCiencia. 1999.

Disponible en:

<https://bit.ly/2O5FO0R>

**TORRES, Érika Zárate; POULUSSEN, Alex Fernández y KUIPER, Derk.** *Guía metodológica para la evaluación de la huella hídrica en una cuenca hidrográfica.* [en línea].

Europea, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. – San José, Costa Rica (C.R.): IICA, 2017. pp. 7-9. [Consulta: 24 abril 2018]. Disponible en: <http://euroclima.iica.int/sites/default/files/Documento%20Final.%20Gu%C3%ADa%20Metodol%C3%B3gica%20de%20la%20HH.pdf>

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA.** *Análisis de vulnerabilidad de la cuenca del río Chinchiná* [en línea], 2016. [Consulta: 24 abril 2018]. Disponible en: [http://bdigital.unal.edu.co/6100/6/8109507.2012\\_Parte2.pdf](http://bdigital.unal.edu.co/6100/6/8109507.2012_Parte2.pdf).

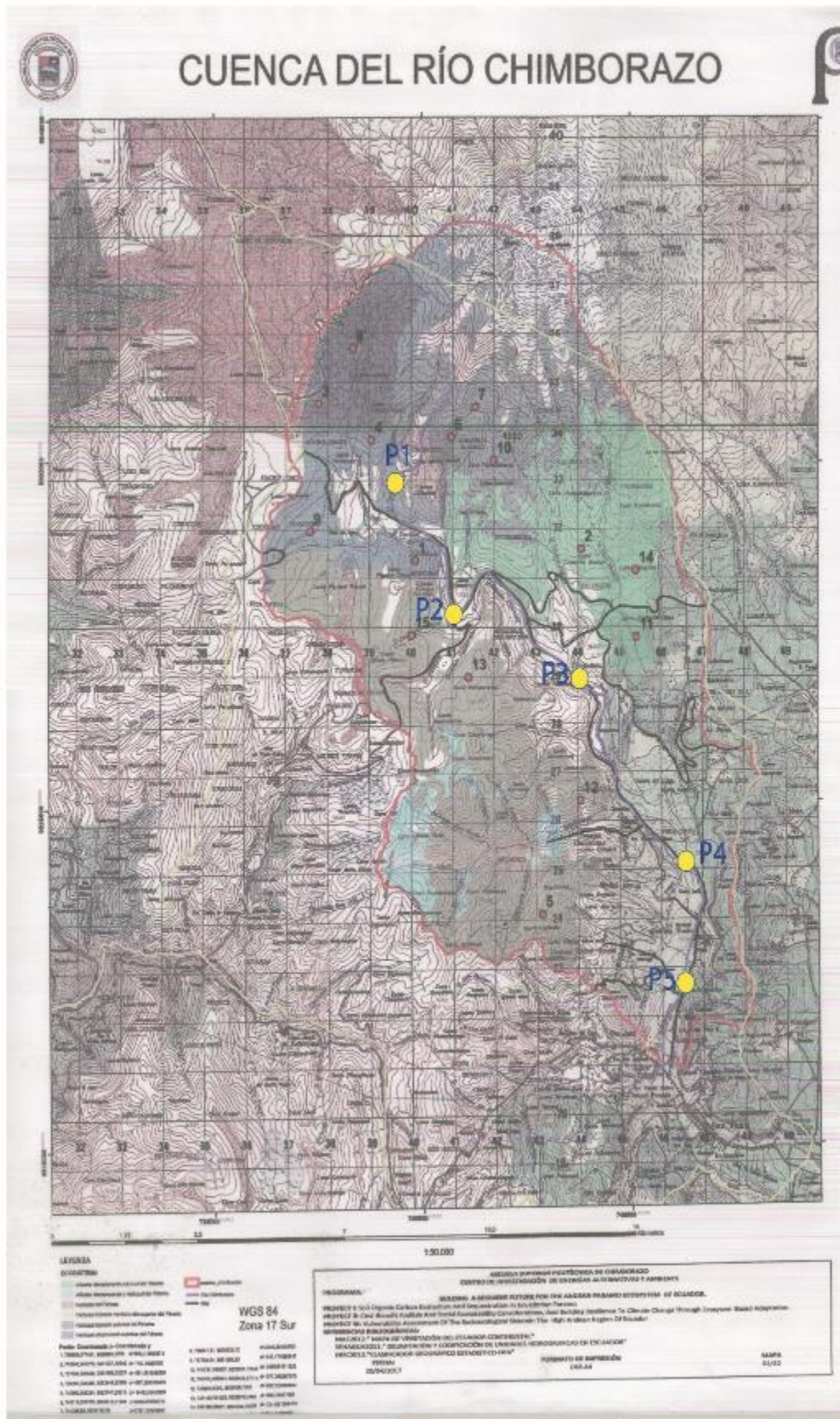
**VALLE, I., CASTRO, R. y VAGLIENTE, A.** *La medición de Huella Hídrica: Eficiencia + responsabilidad social ambiental* [en línea]. Universidad Nacional de Villa María: Universidad Nacional de Villa María. 2012. [Consulta: 15 julio 2018]. Disponible en: [https://desarrollologos.files.wordpress.com/2013/07/trabajo-final\\_huella-hidrica.pdf](https://desarrollologos.files.wordpress.com/2013/07/trabajo-final_huella-hidrica.pdf).

**ZARATE, Erika & KUIPER Derk.** *Evaluación de Huella Hídrica de la banana para pequeños productores en Perú y Ecuador.* [en línea]. GOOD STUFF INTERNATIONAL – Switzerland, enero de 2013. [Consulta: 24 abril 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)





**ANEXO B.** Ubicación de los puntos en el área de estudio.



## ANEXO C. Informe de análisis de agua del laboratorio de servicios ambientales.



### LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 048-18

#### INFORME DE ANALISIS

**NOMBRE:** Jhenny Berrones **INFORME N°** 048- 18  
**EMPRESA:** Proyecto de Tesis ESPOCH **N° SE:** 048-18  
**DIRECCIÓN:** Barrio El Florecer

**FECHA DE RECEPCIÓN:** 22 - 03 - 18

**TELÉFONO:** 0995300924

**FECHA DE INFORME:** 27 - 03- 18

**NÚMERO DE MUESTRAS:** 5, Agua de río, Río Chimborazo

**TIPO DE MUESTRA:**

**IDENTIFICACIÓN:**

MA - 086-18	P1	Agua
MA - 087-18	P2	Agua
MA - 088-18	P3	Agua
MA - 089-18	P4	Agua
MA - 090-18	P5	Agua

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

#### RESULTADO DE ANÁLISIS

**MA - 086-18**

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Turbiedad	FTU - NTU	STANDARD METHODS 2130 B	0.45	N/A	22 - 03 - 18
* DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D mod	1	± 10 %	22 - 03 - 18
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	0.20	N/A	22 - 03 - 18
* Oxígeno Disuelto	mg O2/l	STANDARD METHODS 4500 - O - G	5.81	N/A	22 - 03 - 18
* Coliformes Fecales	UFC/100 ml	STANDARD METHODS 9221 C	< 1 (Ausencia)	N/A	22 - 03 - 18

**MA - 087-18**

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Turbiedad	FTU - NTU	STANDARD METHODS 2130 B	7.23	N/A	22 - 03 - 18
* DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D mod	3	± 10 %	22 - 03 - 18
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	1.10	N/A	22 - 03 - 18
* Nitrato - N	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - NO3 - E	10.7	N/A	22 - 03 - 18
* Nitrito - N	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - NO2 - B	0.033	N/A	22 - 03 - 18
* Coliformes Fecales	UFC/100 ml	STANDARD METHODS 9221 C	12	N/A	22 - 03 - 18

**MA - 088-18**

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Turbiedad	FTU - NTU	STANDARD METHODS 2130 B	5.41	N/A	22 - 03 - 18
* DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D mod	2	± 10 %	22 - 03 - 18
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	0.80	N/A	22 - 03 - 18
* Nitrato - N	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - NO3 - E	6.9	N/A	22 - 03 - 18
* Nitrito - N	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - NO2 - B	0.006	N/A	22 - 03 - 18
* Coliformes Fecales	UFC/100 ml	STANDARD METHODS 9221 C	< 1 (Ausencia)	N/A	22 - 03 - 18

-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 1/2 vía a Guano Bloque Administrativo.







# LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 048-18

MA - 089-18

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODOS/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U/(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Aceites y grasas	mg/l	EPA 418.1	0.13	N/A	22-03-18
* Turbiedad	FTU - NTU	STANDARD METHODS 2130 B	5.92	N/A	22-03-18
* DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D mod	14	±1-10 %	22-03-18
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	0.10	N/A	22-03-18
* Nitrato - N	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - NO3 - E	12.1	N/A	22-03-18
* Nitró - N	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - NO2 - B	0.007	N/A	22-03-18
* Coliformes Fecales	UFC/100 ml	STANDARD METHODS 9221 C	19	N/A	22-03-18


MA - 090-18

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODOS/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U/(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Aceites y grasas	mg/l	EPA 418.1	0.08	N/A	22-03-18
* Turbiedad	FTU - NTU	STANDARD METHODS 2130 B	5.87	N/A	22-03-18
* DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D mod	1	±1-10 %	22-03-18
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	0.30	N/A	22-03-18
* Nitrato - N	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - NO3 - E	12.3	N/A	22-03-18
* Nitró - N	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - NO2 - B	0.014	N/A	22-03-18
* Coliformes Fecales	UFC/100 ml	STANDARD METHODS 9221 C	37	N/A	22-03-18

**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  
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).  
Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

ANEXO D. Informe de análisis de suelo del laboratorio de servicios ambientales.



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Jhenny Berrones

INFORME Nº: 009 – 18

Nº SE: 009-18

EMPRESA: Proyecto de Tesis ESPOCH

DIRECCIÓN: Barrio el Florecer

FECHA DE RECEPCIÓN: 22- 03 –18

TELÉFONO: 0995300924

FECHA DE INFORME: 27- 03-18

NÚMERO DE MUESTRAS: 5

TIPO DE MUESTRA: Suelo, Microcuenca Rio Chimborazo

IDENTIFICACIÓN:

MS – 031-18	P1
MS – 032-18	P2
MS – 033-18	P3
MS – 034-18	P4
MS – 035-18	P5

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

RESULTADOS DE ANÁLISIS

MS-031-18

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO
Textura	-	METODO INTERNO	Franco limoso

MS-032-18

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO
Textura	-	METODO INTERNO	Franco limoso

MS-033-18

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO
Textura	-	METODO INTERNO	Arenoso

MS-034-18

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO
Textura	-	METODO INTERNO	Franco arenoso

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizad(a)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 Uv vía a Guano Bloque Administrativo.





MS-035-18

PARAMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO
Textura	-	METODO INTERNO	Fraco arenoso

**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.



**ANEXO E.** Certificado entregado por el GADP San Juan.

 **Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial  
Rural San Juan**  
CANTÓN RIOBAMBA - PROVINCIA DE CHIMBORAZO  
RUC.: 0660823500001 

**CERTIFICADO**

El suscrito Sr. Tobias Ati. Presidente del Gobierno Parroquial de San Juan; **Autoriza:**

A la Sta. BERRONES PACA JHENNY MONSERRATH y el Sr. MORETA y ESPÍN JORGE CHRISTIAN, portador de la cédula nacional de identidad N° 060395344-9, 180436243-0, estudiantes de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) de la Facultad de Ciencias de la carrera de Ingeniera en Biotecnología Ambiental, que realice la **RECOPIACIÓN Y LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN**, para su Trabajo de titulación. **“EVALUACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA DE LA MICROCUENCA DE RIO CHIMBORAZO EN EL FORTALECIMIENTO DE SU GESTIÓN Y POLÍTICA COMUNITARIA”**.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, pudiendo el interesado hacer uso del presente en lo que creyere conveniente.

**En San Juan 10 de Abril del 2018**

Atentamente,  
  
Sr. Tobias Ati  
**PRESIDENTE GADP SAN JUAN.**



**Dirección:** Avenida Moisés Silva - **Teléfono:** (03) 2933 095 - **www.sanjuan.gob.ec**

**ANEXO F. Oficio emitido por SENAGUA sobre el uso y aprovechamiento del río Chimborazo.**

	
<b>Oficio Nro. SENAGUA-SDHP.19-2018-0190-O</b>	
<b>Riobamba, 27 de febrero de 2018</b>	
 <b>Asunto:</b> Información Autorización del Río Chimborazo	
Estudiante Espoch Jorge Christian Moreta Espin En su Despacho	
De mi consideración:	
En contestación al oficio S/N, de fecha 20 de febrero del 2018, presentado por el Estudiante Jorge Moreta, mediante el cual solicita la Información referente a las autorizaciones emitidas sobre el Río Chimborazo, de la parroquia San Juan, cantón Riobamba, adjunto en formato digital (CD), la información que existe en la base de datos del Centro de Atención al Ciudadano Riobamba de la Secretaría del Agua, de las autorizaciones de uso y aprovechamiento sobre el Río Chimborazo, hasta la presente fecha.	
Con sentimientos de distinguida consideración.	
Atentamente,	
 <i>Documento firmado electrónicamente</i>	
Lcdo. Luis Olmedo Iza Quinatoa <b>SUBSECRETARIO DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DE PASTAZA</b>	
Copia: Señor Ingeniero Paul Ignacio Aucubcela Concha Analista de Recursos Hídricos en Demarcación 2 - SDH Pastaza	
SNBG	
2/1	
<hr/> <small>Calle Ocho 10-21 y Despate y Nena al Hospital Politécnico (Riobamba) Teléfono: (06) 2 2644444 ext. 121. Fax: (06) 2 2644444 ext. 2022. Código Postal: 060111. Riobamba - Ecuador RUC: 0960325001 www.senagua.gub.ec</small>	

**ANEXO G.** Puntos de muestreo.

**P1**



**P2**



**P3**





**P4**



**P5**



**ANEXO H.** Entrevista a los moradores del río Chimborazo.



**ANEXO I. Muestreo de agua y suelo en campo.**



**Toma de muestras del agua**



**Toma de muestras del suelo**



**Muestras obtenidas**

## ANEXO J. Equipos utilizados



GPS



PH metro

## ANEXO K. Medición de caudales en campo.



Medición del largo del río





**Medición del ancho del río**

**ANEXO L. Infiltración del suelo**



**ANEXO M. Información de los cultivos captada en campo.**



**Altura de cultivos**



### Profundidad radicular

#### ANEXO N. Registro de las personas entrevistadas


**ESPOCH**  
 ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO


**REGISTRO DE ENTREVISTADOS**

Fecha: \_\_\_\_\_  
 Realizado por: Jhenny Berrones, Christian Moreta

N°	Nombres y Apellidos	Comunidad	Firma
1	Humberto Pava	Chimborazo	<i>[Firma]</i>
2	Florencia Tamayo	Chimborazo	<i>[Firma]</i>
3	Edy Yumbilla	Chimborazo	<i>[Firma]</i>
4	Maria Nolasco	Chimborazo	<i>[Firma]</i>
5	Olivia Nolasco	Chimborazo	<i>[Firma]</i>
6	Alfonso Sor	Chimborazo	<i>[Firma]</i>
7	Wilson Romacho	Chimborazo	<i>[Firma]</i>
8	Agustín Paredes	Chimborazo	<i>[Firma]</i>
9	Jaira Pava	Chimborazo	<i>[Firma]</i>



## ANEXO N. Preguntas para las entrevistas



**ESPOCH**  
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

- 1) ¿Qué tan importante es el agua para usted?
- 2) ¿Dispone de agua en su comunidad? ¿Q tipo de agua?
- 3) ¿En qué actividad utiliza más el agua?
- 4) ¿Qué dificultades encuentra al momento de regar el agua a sus cultivos?
- 5) ¿Conoce que es un agroquímico?
- 6) ¿Con que tipos de abonos usted acostumbra sembrar?
- 7) ¿Usted siembra con agroquímicos?
- 8) ¿Conoce cuáles son los agroquímicos con los que siembra?
- 9) ¿Toma usted en cuenta el periodo de las estaciones para sembrar su producto?
- 10) ¿Cuáles son los meses más lluviosos en su sector?
- 11) ¿Cuáles son los meses de sequía en su sector?
- 12) ¿Qué productos cultiva con mayor frecuencia?
- 13) ¿En qué fecha acostumbra a sembrar y que fecha cultiva?
- 14) ¿Cómo realiza el riego de sus cultivos?
- 15) ¿Cuánto tiempo se demora en regar sus cultivos?
- 16) ¿De quién depende la dotación de agua de riego y consumo para su sector?
- 17) ¿Se encuentra satisfecho con la cantidad y calidad de agua que usted recibe para consumo y riego?
- 18) ¿Cuánto paga usted por el agua que consume?
- 19) ¿Coméntenos que vegetación/plantas son las más representativas que usted conoce?
- 20) ¿Qué especies animales son las más frecuentes de la zona?